

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO EN INGENIERÍA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMATIZADO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS
GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA
ESTACIÓN OSAYACU, PARA LA EMPRESA
PETROCOMERCIAL

JONATHAN ÁLVAREZ
ROBERTO NÁJERA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2010

CERTIFICACIÓN

Ing. Paúl Ayala
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida, por sus consejos, su tolerancia y paciencia

A mis hermanos porque gracias a su ejemplo y experiencia he aprendido a ser una mejor persona

A mis maestros por transmitirme sus conocimientos y brindarme su amistad

Al personal de mantenimiento electromecánico del Poliducto Shushufindi – Quito por su amistad y apoyo brindado para la realización del presente proyecto

A Roberto porque sus conocimientos y predisposición al trabajo hicieron posible en gran parte la culminación exitosa de nuestro proyecto de grado

Jonathan

Agradezco a mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza, a mis compañeros y amigos del Poliducto Shushufindi-Quito por su apoyo y ayuda, y finalmente a Jhony por su constante ayuda en la realización de este proyecto

Robert

DEDICATORIA

Dedico este proyecto en primera instancia a mis padres, ya que sin su apoyo no hubiese sido posible la culminación exitosa de mi carrera profesional, por estar junto a mí en los buenos y malos momentos

A mis hermanos para que sigan adelante y logren alcanzar todas las metas que se propongan

A mis amigos con los cuales he compartido gran parte de mi vida estudiantil y con los que hemos vivido experiencias que quedarán por siempre guardadas en mi memoria y mi corazón

En fin dedico el presente proyecto a todas las personas que en su momento me brindaron su amistad y apoyo

Gracias a todos

Jonathan

Dedico este proyecto a Dios, a mis padres y a mis hermanos. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, y finalmente a mis hermanos que siempre han estado en todo momento para brindarme su apoyo y confianza.

Robert

PRÓLOGO

Actualmente las empresas están adoptando la tendencia al funcionamiento automático de todos los procesos que en ellas se realizan, es por ello que la automatización ha constituido una de las actividades más importantes a desarrollarse y es hoy por hoy una de las estrategias más populares en las empresas, debido a todos los beneficios que el automatizar implica

Gracias al vertiginoso avance de la tecnología y de la electrónica en general, con la automatización, cada vez se optimizan de mejor manera los procesos, ya que se dispone de dispositivos que permiten realizar funciones que en el pasado se realizaban mediante la implementación de sistemas de gran tamaño y complejidad, aportando de esta manera a una mayor eficiencia de los procesos al disminuir considerablemente la cantidad de componentes y reduciendo el riesgo de fallas en los mismos, además, permitiendo disponer de la información necesaria en tiempo real y brindando la posibilidad de implementar sistemas escalables y de alta capacidad de integración, así como también la capacidad de monitorear y controlar remotamente las variables de interés

En este contexto, la generación de energía eléctrica no puede ser excluida, es más, debe ser uno de los procesos más tomados en cuenta, ya que se necesita que registre menos fallas y nos brinde un funcionamiento continuo siempre que se lo requiera, parámetros que se logra satisfacer al implementar una tarea de automatización en el sistema

La importancia del sistema de generación de energía eléctrica radica en la dependencia que tienen de él todos los demás procesos que se desarrollan en la empresa, además tomando en cuenta que el suministro de energía eléctrica entregado por el sistema interconectado de la Empresa Eléctrica Quito S. A. no es garantizado, debido en gran parte a la situación geográfica en la que se encuentra la estación de bombeo OSAYACU; es por eso que el sistema de generación de energía eléctrica debe estar siempre listo para entrar en funcionamiento y garantizando que la energía eléctrica entregada esté dentro de los estándares necesarios para el funcionamiento de los diferentes equipos y maquinas (3~,

480V, 60Hz), por lo que el realizar la automatización de este proceso pasa de ser importante a necesario

Adicionalmente es importante que la generación interna de energía eléctrica en las empresas cuente con un sistema complementario de transferencia automática que permita la conmutación entre la energía suministrada por la Empresa Eléctrica Quito S.A. y la energía eléctrica producida internamente cuando se requiera

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
ANTECEDENTES	1
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	2
ALCANCE DEL PROYECTO	3
OBJETIVOS	4
<i>General</i>	4
<i>Específicos</i>	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
INTRODUCCIÓN	6
PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	7
<i>Generador Eléctrico</i>	7
Generadores de Corriente Continua.	8
Generadores de Corriente Alterna.	11
FORMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	14
<i>Generación Eléctrica a gran escala</i>	15
Centrales Hidráulicas o Hidroeléctricas.	15
Centrales Térmicas.	16
Centrales Nucleares.	17
Centrales Eólicas.	19
Centrales Solares.	20
Centrales Fototérmicas.	20
Centrales Fotovoltaicas.	21
Centrales de Biomasa.	23
Centrales Mareomotrices.	24
<i>Generación Eléctrica a pequeña escala</i>	25
Grupo electrógeno.	25
Otras alternativas de generación a pequeña escala.	26
GENERADORES DIESEL	27
<i>Elementos de un Grupo Electrónico a Diesel</i>	28
Motor.	28
Sistema eléctrico del motor.	28
Regulador del motor.	28
Sistema de refrigeración.	29
Alternador.	29
Sistema de control.	30
Silenciador y sistema de escape.	30
Depósito de combustible y bancada.	30
Aislamiento de la vibración.	30
Interruptor automático de salida.	30
Resistencia de Precaldeo.	31
Bomba de Trasiego.	31
<i>Mantenimiento</i>	31
Del motor.	32
Del alternador.	33
De baterías.	34
REGULADORES DE VOLTAJE PARA GENERADORES	34
<i>Parámetros característicos de un Regulador Automático de Voltaje (AVR)</i>	34
Arranque en frío.	35
Protección por baja frecuencia.	35
Compensación de frecuencia V/F.	35

Protección por sobreexcitación.	35
Entradas de control especiales.	36
<i>Descripción de Componentes del AVR</i>	36
REDES INFORMÁTICAS INDUSTRIALES	37
<i>Niveles en una red industrial</i>	38
Nivel de Gestión.	38
Nivel de Control.	38
Nivel de campo o proceso.	38
Nivel de E/S.	39
<i>Topologías de Red</i>	39
Topología Anillo.	40
Topología Estrella.	40
Topología en Bus.	41
<i>Buses de Campo</i>	41
Control de acceso al Medio Físico.	43
<i>Tipos de buses de Campo</i>	45
ASI (Actuator Sensor Interface).	45
CAN (Control Area Network).	46
CANOpen.	46
DeviceNet.	47
BITBUS.	47
PROFIBUS (PROcess Field BUS).	47
INTERBUS.	50
Ethernet.	50
Industrial Ethernet.	52
TIPOS DE INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA	53
<i>Termómetro de vidrio</i>	54
<i>Termómetros Bimetálicos</i>	55
<i>Termopares (Termocupla)</i>	57
<i>Termorresistencias (RTD)</i>	58
Termorresistencias disponibles comercialmente.	60
Ventajas y Desventajas de las RTD's.	61
<i>Pirómetro de Radiación</i>	62
<i>Termistores</i>	62
CAPÍTULO III	66
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	66
INTRODUCCIÓN	66
ESTRUCTURA	67
FUNCIONAMIENTO	73
CAPÍTULO IV	74
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO ACTUAL	74
INTRODUCCIÓN	74
ESTRUCTURA	75
<i>Pulsadores</i>	76
<i>Switch de selección de modo de funcionamiento</i>	77
<i>Alarmas Luminosas</i>	78
FUNCIONAMIENTO	84
<i>Dispositivos que constituyen el sistema de control y monitoreo actual</i>	84
<i>Sistema de control</i>	86
<i>Generación de señales para el monitoreo de alarmas luminosas</i>	88
Funcionamiento.	88
El automatismo está bloqueado.	88
Arranque defectuoso/Perturbación.	88
Presión lubricante demasiado baja (menor a 15 PSI).	88
Temperatura del motor demasiado alta (mayor a 85°C).	88
Número de revoluciones excesivo (mayor 1800 RPM).	88
<i>Sistema de monitoreo</i>	89
<i>Sistema de Transferencia Automática de Energía</i>	90
<i>Sistema de Regulación de Tensión</i>	91

CAPÍTULO V	93
DISEÑO DE HARDWARE	93
SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO	93
<i>Diseño</i>	93
<i>Cálculo de relés de control</i>	94
<i>Cálculo de cables</i>	94
SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGÍA	95
<i>Diseño</i>	95
<i>Cálculo de disyuntores</i>	96
CAPÍTULO VI	98
DESARROLLO DE SOFTWARE	98
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR MODICON M340	98
PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA TÁCTIL MAGELIS XBTGT6230	112
PROGRAMACIÓN DE LA HMI	116
CAPÍTULO VII	118
IMPLEMENTACIÓN	118
TABLERO KUHSE	118
TABLERO DE TRANSFERENCIA	121
CAPÍTULO VIII	124
PRUEBAS Y RESULTADOS	124
CAPÍTULO IX	127
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
CONCLUSIONES	127
RECOMENDACIONES	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
ANEXOS	131

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

ANTECEDENTES

PETROCOMERCIAL es una de las empresas más importantes del país, cuya misión es la distribución y comercialización de combustibles derivados del petróleo.

Las actividades de bombeo que realiza la mencionada empresa, son críticas, de alto riesgo y requieren de un funcionamiento ininterrumpido de todos los procesos que en ella se desarrollan, es por eso que no puede depender tan solo del suministro de energía del sistema interconectado entregado por la Empresa Eléctrica Quito S. A, sino que cuentan con un sistema generador propio, el cual asegura la disponibilidad de la misma en situaciones adversas en las que se pierda el abastecimiento del flujo eléctrico

Las estaciones de bombeo del Poliducto Shushufindi-Quito de PETROCOMERCIAL cuenta con un sistema de generación de energía eléctrica, que consta de dos Generadores los cuales funcionan por combustión a Diesel; los mismos que entran a funcionar en caso de cortes o desabastecimiento del flujo eléctrico por parte de la empresa proveedora del servicio, habilitándose para funcionar el Generador 1 inmediatamente cuando se da el problema, y entra a funcionar el Generador 2 en caso de falla del Generador 1

Actualmente se dispone de un tablero análogo de monitoreo y control ubicado en cada generador, allí se encuentran los pulsadores de arranque y parada, pulsador para parada de emergencia, switch para escoger el modo de funcionamiento (automático/manual/prueba/desbloquear), e indicadores luminosos para las alarmas de temperatura, además se cuenta con indicadores análogos de la temperatura del motor y de las horas de funcionamiento de la máquina. El monitoreo de las alarmas que se puedan dar por malfuncionamiento del generador, se realiza mediante un sistema de tarjetas, las

cuales, por medio de las mediciones realizadas por los sensores de temperatura, encienden los indicadores luminosos respectivos según sea el caso

Además se cuenta con un módulo encargado de regular el voltaje generado para obtener un voltaje constante de 480VAC a una frecuencia de 60Hz, el cual, en caso de requerir una corrección, dispone de un reóstato, que debe ser manipulado manualmente; dicho módulo, así como las tarjetas del sistema de monitoreo, por tener más de 30 años de fabricación, presentan varios problemas, como el no poder encontrar comercialmente repuestos o fallas constantes por deterioro de los elementos componentes

En el armario, el que se encuentra ubicado a poca distancia del generador, se encuentran los indicadores análogos del Voltaje de las fases y la Frecuencia, así como la perilla para manipular el reóstato del regulador de voltaje

Existen varios requerimientos de importancia en el funcionamiento del sistema de generación de energía eléctrica, entre los cuales se puede mencionar:

- Funcionamiento automático del sistema
- Disponibilidad continua y permanente de Energía
- Monitoreo absoluto y confiable de las variables control
- Histórico de las variables monitoreadas
- Integración de datos al sistema de registros históricos existente

Dados estos requerimientos, se hace necesaria la creación de un sistema automático y moderno, que permita hacer más confiable y seguro el funcionamiento del sistema, de manera que no se presenten fallas constantes, haciendo que todas las acciones de toma de datos y corrección del sistema se hagan de forma más eficiente y sin necesidad de trasladarse a la planta

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El sistema de generación de energía eléctrica es muy importante y necesario en la estación, ya que ante una falla de abastecimiento del suministro eléctrico por parte de la Empresa Eléctrica, no es posible que se detengan los procesos que se desarrollan en la

estación, ya que detener el funcionamiento de los grupos de bombeo así como las demás actividades, representaría a la empresa cuantiosas pérdidas económicas, lo que hace necesario que dicho sistema de generación esté siempre en óptimas condiciones de funcionamiento, y disponible para entrar a trabajar ante cualquier eventualidad

Dado que en la actualidad el sistema de monitoreo y control con el que cuentan los generadores está implementado con tecnología antigua y caduca, se presentan constantes problemas, lo que conlleva a un funcionamiento poco confiable del sistema

Además, actualmente todo el sistema de monitoreo y control se encuentra al pie de planta, lo que hace incomoda e insegura la tarea de los operadores, ya que el ruido producido por los generadores es intenso y trabajar en dichas condiciones para registro de datos y alarmas no es adecuado

Partiendo de lo anteriormente expuesto, la implementación del sistema automático de monitoreo y control de los generadores resulta de gran importancia para PETROCOMERCIAL, ya que al contar con una interfaz hombre máquina, la cual puede estar ubicada en la sala misma de operaciones, permite al personal del sistema realizar las acciones necesarias de manera remota, sin necesidad de trasladarse al ambiente abrumador e inseguro donde se encuentran los generadores, además de tener a disposición los datos más importantes de forma constante y en tiempo real, ya que al implementar el sistema con dispositivos de tecnología moderna obtenemos estas ventajas entre otras

ALCANCE DEL PROYECTO

En un inicio se propone realizar un estudio detallado de cómo está funcionando actualmente el sistema de monitoreo y control de los generadores de energía eléctrica, para de esta manera determinar cuáles son los aspectos que se puede cambiar u optimizar, y cuales los que se podrían mantener y aprovechar

Con base en lo anteriormente indicado, se planifica el diseño del sistema automático de monitoreo y control, de manera que por medio de un controlador (sea PLC o módulo de entradas especiales) integrado a una interfaz humano máquina desarrollada en el computador de la sala de operaciones, se obtengan las lecturas de las variables de interés para su almacenamiento y procesamiento, además se sustituirán todas las tarjetas

existentes, las cuales comandan las alarmas luminosas, por salidas digitales del controlador, reduciendo considerablemente los componentes necesarios, y de esta manera aumentando la eficiencia del monitoreo

Dicha interfaz contará con todos los elementos registradores visuales necesarios para el operador

Adicionalmente se realizará la modernización del sistema de transferencia de energía sustituyendo el controlador actual por un controlador de mejores características que nos permita realizar todas las tareas que el presente proyecto demanda (control - monitoreo de generadores y transferencia automática de energía)

Una vez elaborado el diseño completo del sistema se procederá a la implementación del mismo, lo que involucrará, entre otros aspectos, la elaboración de planos que definan aspectos de instalación y conexión de los sensores, actuadores y elementos de control, también la elaboración de una HMI la cual ayudara al operador a realizar las tareas de control y monitoreo de alarmas y datos del sistema. De manera complementaria se detallará la lista de materiales requeridos (con su respectiva descripción y especificaciones técnicas) para la implementación, así como también la inversión total

Finalmente se proyecta la redacción de una memoria técnica descriptiva la cual contendrá todas las consideraciones del diseño y la implementación de los aspectos anteriormente mencionados

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar un Sistema Automatizado para el control del funcionamiento de los generadores de energía eléctrica de la estación OSAYACU

Específicos

- a) Realizar un estudio de las condiciones actuales de funcionamiento del sistema de monitoreo y control de los generadores
- b) Estudiar los métodos utilizados para medición y control de las variables de interés, como son los sensores y actuadores de la planta

- c) Diseñar e implementar un sistema automático que permita controlar y monitorear el funcionamiento de los generadores
- d) Diseñar e implementar un sistema de transferencia automática de energía (basado en el sistema actual) para la modernización del sistema de transferencia automática existente
- e) Desarrollar una HMI que permita al operador monitorear alarmas y datos relevantes del sistema de generación
- f) Documentar adecuadamente el proyecto

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica viene siendo desde hace mucho tiempo atrás una de las tareas más importantes a desarrollarse en las grandes empresas, en las que sus procesos son de alta importancia y mucho más en las que se encuentran funcionando procesos de alto riesgo

La energía eléctrica en la naturaleza está escasamente presente en forma libre, la manifestación más común de ésta se la puede apreciar durante las tormentas eléctricas, pero este tipo de electricidad no es de gran utilidad, ya que, al ser fruto de la naturaleza, su generación no es predecible y resulta prácticamente imposible su almacenamiento y procesamiento; por otro lado, la energía eléctrica nos ofrece grandes ventajas como son: su limpieza, capacidad de transformarse en otras formas de energía, relativa facilidad de transporte y la factibilidad de ser generada en base a otros tipos de energía, es por ello que se ha convertido en el tipo de energía más utilizada por los seres humanos, tanto en sus actividades cotidianas como en las grandes industrias

El tema de la generación de energía eléctrica abarca un amplio campo de conocimiento, ya que podemos encontrar generación eléctrica a gran y pequeña escala; siendo que la empresa cuenta con un sistema de generación a pequeña escala, se tratara en principio de dar un enfoque general de lo que es la generación de energía eléctrica, sus fundamentos y principios, para luego describir los diferentes métodos de generación eléctrica existentes, y al final ahondar en los temas más trascendentales, tales como los equipos y sensores que se utilizan para los sistemas de control en el área de la generación eléctrica, consiguiendo de esta manera un fundamento teórico que aporte a la elaboración del presente proyecto, y permita escoger los métodos y componentes más adecuados para el desarrollo de las tareas que implica el diseño e implementación de una automatización

PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Generador Eléctrico

Generador eléctrico es toda máquina capaz de transformar la energía mecánica en energía eléctrica, así se pueden encontrar dos tipos principales, los generadores primarios y los secundarios; los generadores primarios son aquellos que transforman otros tipos de energía en energía eléctrica o los que entregan a su salida la misma cantidad de energía eléctrica que tenían inicialmente a la entrada, mientras que los generadores secundarios son aquellos que entregan a su salida solo una parte de la energía eléctrica que disponían a su entrada

Generalmente los generadores eléctricos son máquinas giratorias, constituidas mecánicamente por una parte fija llamada estator y una parte móvil llamada rotor; el rotor gira acoplado a un eje soportado por el estator mediante cojinetes. Eléctricamente, el cuerpo tanto del estator como del rotor, está constituido por devanados de hilos de cobre o aluminio bobinados sobre núcleos magnéticos

“Su funcionamiento está basado en el fenómeno de **inducción electromagnética** (v.); por tanto, habrá siempre una corriente eléctrica (**corriente de excitación**) que origina un campo magnético (**campo magnético inductor**) el cual, por inducción, produce una **fuerza electromotriz**¹ (f.e.m.) que provoca la circulación de una **corriente inducida**. La corriente inducida será la cedida por la máquina al circuito exterior. La corriente de excitación es, por lo general, corriente continua que procede de una fuente exterior (**excitación independiente**) o, en otros casos, está producida en la misma máquina (**auto excitación**)”²

Las partes de la máquina destinadas a producir la corriente de excitación, llevan el nombre de inductor, mientras que las partes de la máquina en las cuales se producen las corrientes inducidas, toman el nombre de inducido

Se puede encontrar otro tipo de clasificación para los generadores eléctricos, diferenciados por el tipo de corriente que producen, así tenemos generadores de corriente

¹ Trabajo que el generador realiza para pasar la unidad de carga positiva del polo negativo al positivo por el interior del generador

² MOELLER Franz – WERR, Theodore, *Electrotecnia general y aplicada*, II, 2ª ed., Labor, Barcelona 1961, 623 p.

continua y generadores de corriente alterna, siendo estos últimos los más utilizados y aprovechados para la producción de energía eléctrica industrialmente

Una de las diferencias más marcadas entre estos dos tipos de generadores radica en que los generadores de corriente continua pueden ser auto excitados, es decir que el voltaje para su campo puede ser obtenido de una fuente externa o de la propia salida del generador, mientras que los generadores de corriente alterna, necesariamente obtienen el voltaje para su campo de una fuente externa; por otro lado, en los generadores de corriente continua, el inductor es fijo (estator) y el inducido es giratorio (rotor), a diferencia de los generadores de corriente alterna en los que el inductor es giratorio (rotor) y el inducido es fijo (estator)

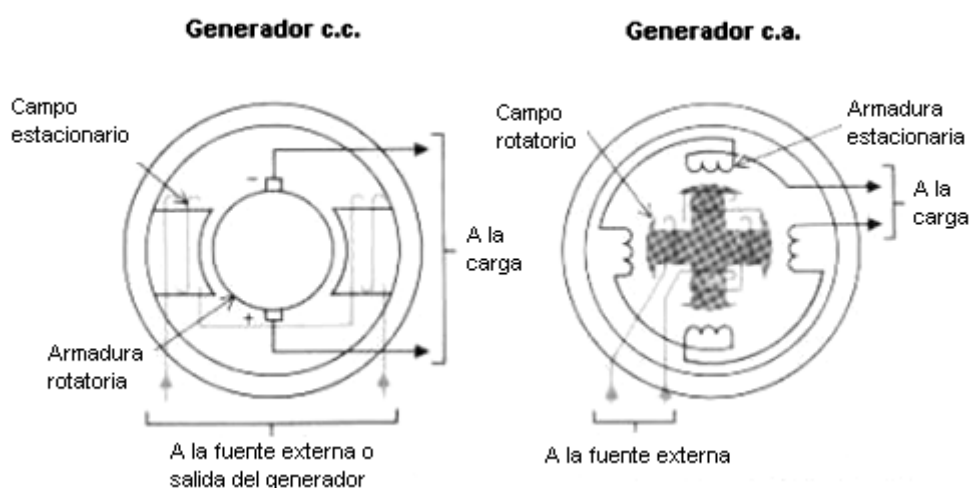


Figura. II.1. Diferencias entre generador de c.c. y generador de c.a.¹

Generadores de Corriente Continua.

Los generadores de corriente continua, también conocidos como **dínamos**, basan su funcionamiento al hecho de hacer girar una bobina dentro de un campo magnético, de esta manera, si se hace girar una armadura entre dos polos magnéticos, se obtiene una corriente en la armadura que circula en un sentido durante la mitad de cada revolución y en otro durante la otra mitad, debido a este fenómeno se requiere disponer de un método que permita invertir el sentido del flujo de corriente una vez cada revolución; antiguamente se usaba para ello un **conmutador**, el cual consistía en un anillo dividido en dos partes aisladas entre sí y cada parte servía como contacto de la bobina; mediante el uso de

¹ http://alerce.pntic.mec.es/~hmartin/electr%F3nica/componentes/generadores_archivos/image019.jpg, Generadores Eléctricos

escobillas¹ fijas de metal o carbón que se mantenían conectadas al conmutador, el mismo que al girar conectaba la bobina a los cables externos, se lograba que al girar la armadura, se cambie la posición de los contactos cada vez que la corriente invertía su sentido, y así obteniendo una corriente. Actualmente, para realizar está inversión de sentido, se utilizan dispositivos electrónicos de potencia

En el caso de los generadores de corriente continua, el inducido es la parte giratoria o rotor de la máquina, sobre él va bobinado un conductor de cobre, el núcleo del inducido es construido de material magnético

El inductor por otro lado es la parte fija o estator de la maquina., está conformado por la carcasa y los polos conductores, construidos de material magnético, sobre los cuales va bobinado un conductor de cobre o aluminio. Dependiendo del número de polos que tiene el inductor, la máquina puede ser bipolar (dos polos inductores) o multipolar (mas de dos polos inductores), en las máquinas bipolares solo existe un polo Norte y un polo Sur, mientras que en las multipolares, los polos se montan por parejas y alternativamente, de manera que siempre existe un número par de polos en el inductor

En este caso el colector está conformado por varias láminas de cobre o **delgas**, las cuales están aisladas entre sí y forman en conjunto un cuerpo cilíndrico, dicho colector está montado sobre el mismo eje del estator y los dos giran simultáneamente; sobre el colector rozan las escobillas, fijadas al cuerpo de la máquina por medio de **porta escobillas**. El devanado de inducido va conectado mediante conductores a las delgas del colector

Se denomina entrehierro al espacio que queda libre entre los polos inductores y el cuerpo del inducido; el circuito magnético de la máquina está constituido por dos polos (Norte y Sur), dos entrehierros, parte de la carcasa y parte del inducido

El proceso de generación se da de manera que en el inductor se produce el campo magnético necesario para crear las corrientes inducidas, luego en el inducido se desarrollan dichas corrientes por medio del campo magnético inductor, para finalmente por medio del colector recoger la corriente eléctrica producida en el inducido

¹ Contactos a presión

Existen algunas **relaciones fundamentales**¹ en los generadores de corriente continua, las cuales son:

1. La f.e.m. producida, E, es proporcional a la velocidad de la máquina y a la corriente de excitación

$$E = K_1 * n * I_{ex} \quad (\text{ec. II.1})$$

Donde **n** es la velocidad de la máquina, la misma que se puede considerar constante debido a que depende de la velocidad de la máquina motriz, por lo tanto se tiene que:

$$E = K_1 * I_{ex} \quad (\text{ec. II.2})$$

2. La tensión en bornes U_b depende, esencialmente, del valor de E y de la suma de caídas de tensión en el circuito

$$U_b = E - *E_{Rl} \quad (\text{ec. II.4})$$

3. El par resistente M que la máquina opone a la máquina motriz es proporcional a la corriente de excitación I_{ex} y a la corriente de carga I

$$M = K_2 * I_{ex} * I \quad (\text{ec. II.5})$$

Analizando las relaciones fundamentales presentes en la máquina, se puede observar que la tensión en bornes del generador puede regularse al actuar directamente sobre su corriente de excitación, así, se puede regular la tensión del generador conectando un **reóstato** en serie al **arrollamiento de excitación**, de manera que al variar el valor de la resistencia total del circuito, se varié por consiguiente la corriente de excitación

Los generadores de corriente continua funcionan para voltajes no muy altos, debido a la chispa que se produce al momento que hacen contacto las escobillas con el colector, es

¹MOELLER Franz – WERR, Theodore, *Electrotecnia general y aplicada*, II, 2ª ed., Labor, Barcelona 1961, 623 p.

por ello que a escala industrial son más populares los generadores de corriente alterna o **alternadores**

El voltaje obtenido por medio de este tipo de generadores es de carácter sinusoidal, pero se puede conseguir un voltaje continuo a la salida mediante el uso de las delgas, es así que mientras más delgas conformen al cuerpo cilíndrico del colector, el voltaje a la salida tiene menor ondulaciones y se acerca más al voltaje continuo que se desea obtener

Generadores de Corriente Alterna.

Se los conoce también como Alternadores. “Los generadores de corriente alterna constituyen el medio industrial más común de producción de energía eléctrica. Estos dispositivos se basan en el aprovechamiento de los fenómenos de la **inducción electromagnética**”¹

En este caso, el rotor o parte móvil de la máquina está constituido por el inductor, el mismo que consta de una **rueda polar** en la cual se montan los **polos inductores**, sobre los que se bobina el **arrollamiento de excitación**; dichos polos inductores pueden ser imantados de forma permanente o ser **electroimanes**, y se montan alternadamente Norte y Sur. Dependiendo del número de polos inductores, se encuentran alternadores bipolares, tetrapolares, etc.

“En las grandes máquinas el inductor siempre está constituido por electroimanes, cuya corriente de alimentación o excitación proviene de un generador de corriente continua auxiliar o de la propia corriente alterna generada por el alternador convenientemente rectificadas”². La corriente continua de excitación para el inductor proviene de una pequeña dínamo llamada **excitatriz**, la cual generalmente está montada sobre el mismo eje del alternador, y funciona de manera que la corriente de excitación pasa del colector de la excitatriz al inductor del alternador mediante dos anillos rasantes con escobillas

Por otro lado, el estator o parte fija de la máquina, está constituido por el inducido, el cual está formado por una serie de bobinas, montadas sobre ranuras practicadas a una

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Generador_el%C3%A9ctrico, Generador Eléctrico

² <http://es.wikipedia.org/wiki/Alternador>, Alternador

carcasa circular construida de material magnético, dichas bobinas constituyen el **arrollamiento de inducido** y frente a ellas gira la rueda polar del inductor, de manera que cada conductor del arrollamiento es sometido sucesivamente a campos magnéticos alternos, ya que frente a cada conductor se sitúan alternativamente los polos inductores N y S, de manera que se induce en cada conductor una f.e.m. alterna y mediante una conveniente conexión de todos los conductores del inducido, se recoge en los bornes de salida del alternador una f.e.m., la misma que será igual a la suma de las f.e.m. parciales inducidas en cada conductor. Dependiendo de la clase de corriente obtenida, se puede tener alternadores monofásicos o trifásicos

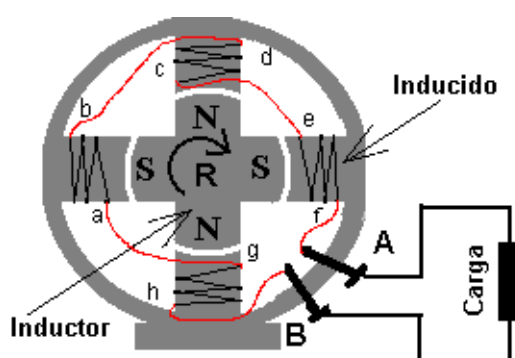


Figura. II.2. Disposición de elementos en un Alternador¹

En la Figura. II.3. se ilustra un alternador tetrapolar, cuyo inductor está constituido por el rotor **R** y una rueda polar formada por cuatro polos inductores de polaridad indicada; el inducido está formado por cuatro bobinas arrolladas sobre piezas de hierro, las mismas que se magnetizan bajo la acción del inductor

Como el inductor está girando, el campo magnético actuante sobre las piezas de hierro cambia de sentido cada vez que el rotor a girado 90° , y la intensidad del campo magnético inducido es máxima cuando las piezas están enfrentadas con los polos inductores, mientras que es mínima cuando los polos inductores están equidistantes de las piezas de hierro, es decir, cuando los polos se encuentran en el punto medio del espacio existente entre bobina y bobina. Debido a estas variaciones de sentido y polaridad del campo magnético inducido, se induce en las cuatro bobinas una tensión que cambia de valor y polaridad al mismo ritmo de variación que el campo

¹ <http://telergia.blogs.com/telergia/images/2008/01/31/06.jpg>, Generador de corriente continua

Se los conoce también como alternadores, su funcionamiento se basa principalmente en que cuando se coloca una bobina en un campo magnético variable, se genera en la misma una tensión, la cual hace que circule una corriente a través de la bobina, además, cuando dicho campo magnético aumenta, su velocidad de variación hace que aumente la frecuencia y la magnitud de la tensión generada

“El flujo magnético (Φ) a través de cada espira de las bobinas que constituyen el inducido tiene por valor el producto de la intensidad de campo (B), por la superficie de la espira (s) y por el coseno del ángulo formado por el plano que contiene a ésta y la dirección del campo magnético ($\cos \phi$)”¹

$$d\Phi = B * ds * \cos\phi \quad (\text{ec. II.6})$$

Según la **ley de Faraday**, la f.e.m. (ξ) inducida en una espira, es igual a la velocidad de variación del flujo magnético que atraviesa a la espira, por lo tanto se tiene que:

$$\xi = -\frac{d\Phi}{dt} = B * A * \omega * \text{sen}(\omega t + \alpha) \quad (\text{ec. II.7})$$

Donde:

B = Densidad del campo magnético

A = Área de la espira

ω = Velocidad angular de giro

α = Ángulo formado por el campo magnético y el vector normal a la superficie

El signo negativo en la formula se debe a que, según la **ley de Lenz**, la corriente inducida en la espira se opone a la variación del flujo que la genera; por otro lado, si la f.e.m. inducida en una espira es igual a ξ , la f.e.m. total será igual a:

$$\xi_{TOTAL} = \xi * n \quad (\text{ec. II.8})$$

Donde n representa el número total de espiras presentes en el inducido

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Alternador>, Alternador

Cabe indicar que la unidad de medida de la f.e.m. son los voltios y por lo general su valor coincide con el valor de la tensión **E**

La frecuencia del generador de corriente alterna varía proporcionalmente con la velocidad de giro del eje, y están relacionadas mediante la ecuación:

$$N_s = 60 * \frac{f}{p} \quad (\text{ec. II.9})$$

Donde **p** es el número de polos del generador, y dado que **N_s** es la velocidad del motor síncrono en revoluciones por minuto (r.p.m.), éste va a ser un valor medible y por lo tanto conocido, entonces, para determinar la frecuencia de la señal entregada por el generador, se tiene la siguiente relación:

$$f(\text{hertz}) = N_s * \frac{P}{60} \quad (\text{ec. II.10})$$

La amplitud de la señal generada está dada por la fórmula:

$$V(\text{voltios}) = K * N_s \quad (\text{ec. II.11})$$

Donde **K** es la **constante del motor en V/r.p.m.**¹

FORMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

A lo largo de la historia se han desarrollado diversas técnicas para la generación de energía eléctrica, diferenciándose unas de otras básicamente en el tipo de **energía primaria** que se utiliza para su obtención, adicionalmente se puede clasificar a los tipos de centrales de generación, tomando como referencia si la energía utilizada como primaria es convencional (centrales hidráulicas o hidroeléctricas, térmicas y nucleares) o no convencional (centrales eólicas, solares, mareomotrices y de biomasa); cabe resaltar que todas estas centrales, excepto las fotovoltaicas, utilizan el mismo elemento generador, constituido por un alternador, la diferencia radica en la forma y tipo de la turbina

¹ http://www.unicrom.com/Tut_Generador_AC.asp, Generador AC

El lugar donde se realiza el proceso de transformación de energía primaria a **energía de consumo** se denomina **central de generación**, así, se denomina central de generación eléctrica al lugar en donde la energía de consumo producido es energía eléctrica

De esta manera se pueden encontrar centrales de generación de energía eléctrica a gran y pequeña escala, entre las cuales se puede mencionar:

Generación Eléctrica a gran escala

Centrales Hidráulicas o Hidroeléctricas.

En este caso, la energía usada como primaria es la **energía potencial del agua**, obtenida mediante el proceso de embalsar el agua en una **presa** situada a un nivel más alto que la central, de manera que, mediante tuberías de descarga, ésta se deja caer produciendo el movimiento de los **álabes**¹ de la **turbina hidráulica** situada al pie de la central, dicha turbina está acoplada al eje del rotor de un generador, el cual se encarga posteriormente de transformar la energía cinética en energía eléctrica

La potencia generada en una central hidroeléctrica depende principalmente de dos aspectos importantes, la diferencia de nivel entre el nivel medio del **embalse**² y el nivel medio de las aguas bajo la central, y de las características de la turbina y el generador; en este tipo de central de generación, se pueden producir desde unos pocos Mega Watts, hasta varios Giga Watts

Al ser el agua la fuente principal usada para la generación de energía eléctrica, se considera un método de poco impacto ambiental ya que el agua es un recurso renovable; pero esto es relativo ya que para construir las grandes centrales hidroeléctricas, hay un profundo impacto inicial sobre la flora y fauna del sector donde las presas y embalses son construidos, con las repercusiones que esto conlleva, tales como alteraciones climáticas, deforestación, y en sí daños irreparables al ecosistema

¹ Paletas curvas

² Depósito artificial donde se recogen las aguas de un río o arroyo

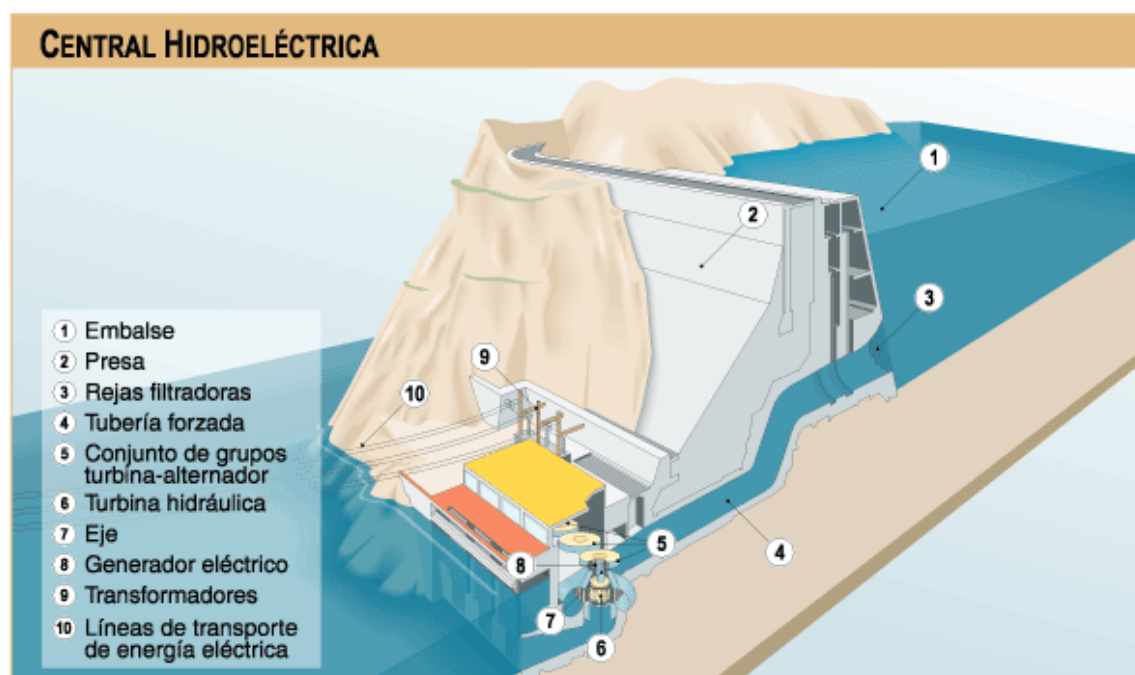


Figura. II.3. Esquema de una central hidroeléctrica

Centrales Térmicas.

En el caso de las centrales térmicas, el recurso utilizado para la generación de energía eléctrica es el vapor de agua (bombeado a alta presión), que mediante la energía térmica producida por el movimiento de moléculas, permite generar la energía mecánica necesaria para el movimiento de las turbinas acopladas al rotor del generador eléctrico

En el proceso de obtención de vapor de agua, se emplean grandes calderas en las cuales se calienta el agua hasta que alcance una temperatura de 600°C , para lo que se requiere el empleo de combustibles, lo cual determina el tipo de central térmica, entre las cuales tenemos: de petróleo (fuel), de gas natural o de carbón; adicionalmente se puede citar otra clasificación para las centrales térmicas, basada en su funcionamiento:

- a) Turbinas a Vapor
- b) Turbinas a Gas
- c) Ciclos Combinados

En esta clasificación, la diferencia radica en el tipo de turbinas que se utilizan para el movimiento del rotor; en las centrales termoeléctricas denominadas de ciclo combinado el funcionamiento, como su nombre lo indica, es combinado, produciéndose en primera

instancia el movimiento de una turbina de gas mediante la quema de gas natural, para luego, utilizando los gases de combustión del gas natural, producir vapor, el cual será encargado de mover una turbina de vapor; adicionalmente el sistema tiene acoplado un alternador a cada una de las turbinas como en las centrales termoeléctricas normales, así como también el sistema de refrigeración es similar, mediante el uso de una torre de refrigeración o de un caudal de agua abierto

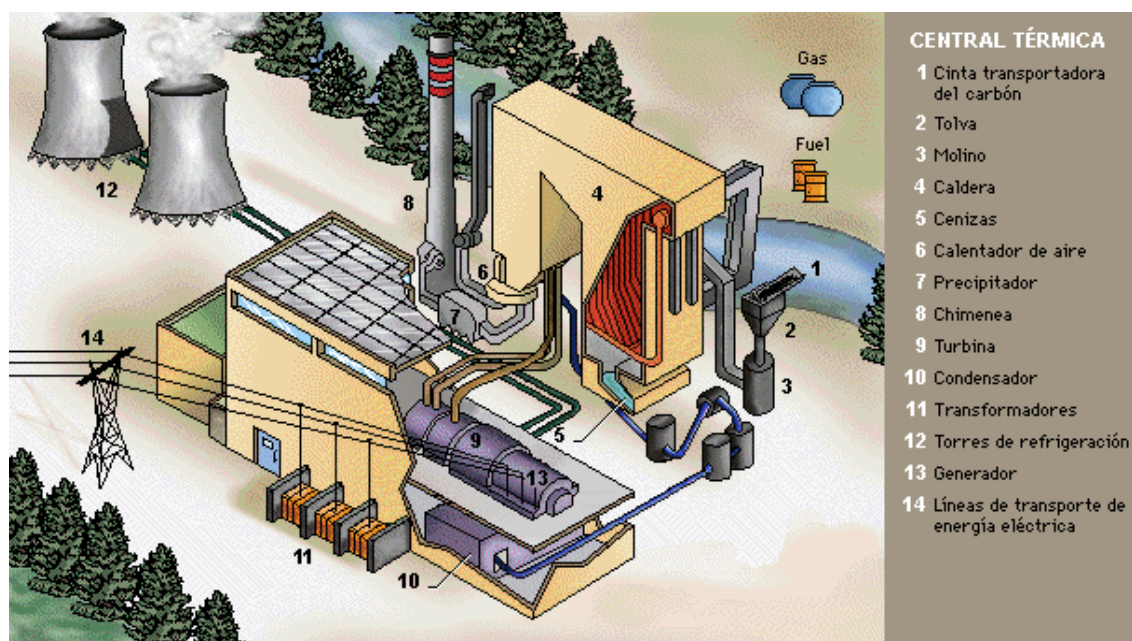


Figura. II.4. Esquema de una central térmica

La desventaja que presentan estos tipos de centrales es la gran cantidad de gases de invernadero que se producen debido a la quema de combustibles, lo cual produce un gran impacto negativo a la atmósfera

Las centrales nucleares que emplean el método de **fisión**¹ para generar vapor de agua, también son consideradas como centrales térmicas

Centrales Nucleares.

En el caso de las centrales nucleares, el funcionamiento es similar al de las centrales termoeléctricas, salvo que la caldera utilizada para el calentamiento del agua, se reemplaza

¹ Rotura o escisión del núcleo de un átomo con liberación de energía

por un reactor nuclear, es por ello que algunos autores las consideran como una subdivisión de las mismas

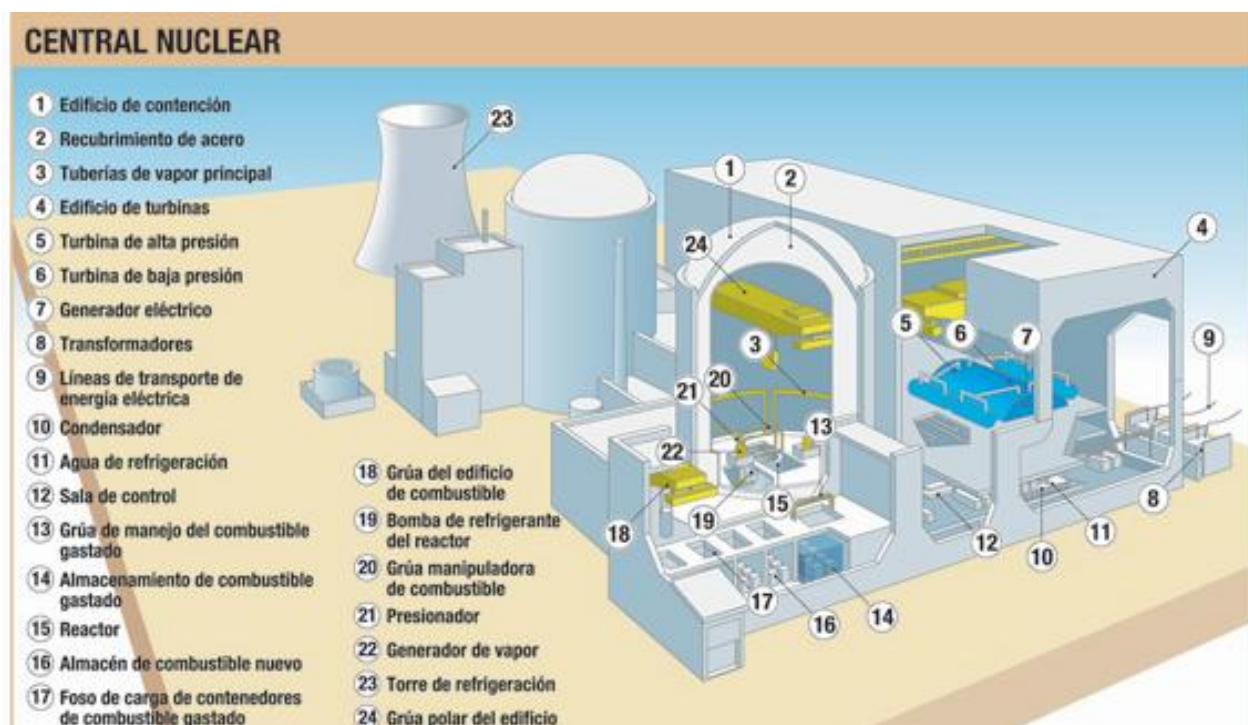


Figura. II.5. Esquema de una central nuclear

El vapor de agua necesario para mover las turbinas se genera al aprovechar el calor producido por las reacciones de fisión de los núcleos atómicos del combustible nuclear, para de esta manera elevar la temperatura del agua; el combustible nuclear usado generalmente es el **uranio enriquecido**¹

Entre las ventajas que tiene la implementación de este tipo de centrales se puede mencionar la rentabilidad en la producción de energía eléctrica, ya que se pueden producir grandes potencias mediante un sistema relativamente barato desde el punto de vista costo-beneficio. La gran desventaja que se presenta, son los desechos tóxicos que se producen en los reactores nucleares, así como el manejo inadecuado que se les da a los mismos en la actualidad; por otro lado, al usar como combustible un recurso no renovable, estimula la exagerada explotación minera, generando así un enorme impacto ambiental

¹ Isótopo de uranio, 235 y 238

La poca popularidad de este tipo de centrales se debe a la diversa cantidad de contaminantes que produce, dependiendo del combustible nuclear utilizado, así como también los altos riesgos que se corre en caso de accidentes, tales como grandes explosiones y la contaminación por radioactividad

Centrales Eólicas.

Las centrales eólicas utilizan como energía primaria para la producción de energía eléctrica a la energía cinética del viento, para de esta manera producir el movimiento de las paletas de los **aerogeneradores**¹, generalmente la velocidad del viento necesaria para que funcionen dichos aerogeneradores es de 20 km/h, y la velocidad máxima, por razones de seguridad, de 100 km/h, alcanzando el mayor rendimiento a una velocidad de 45 km/h; este tipo de generación de energía, al depender de las condiciones climáticas y demás parámetros medioambientales, resulta altamente aleatoria y es por esta razón que no son muy populares; suelen construirse en lugares donde hay importantes corrientes de aire, tales como zonas costeras o islas, y su capacidad de generación depende específicamente de dos parámetros: la disponibilidad y velocidad de los vientos en la zona y de la cantidad de aerogeneradores que constituyen la central

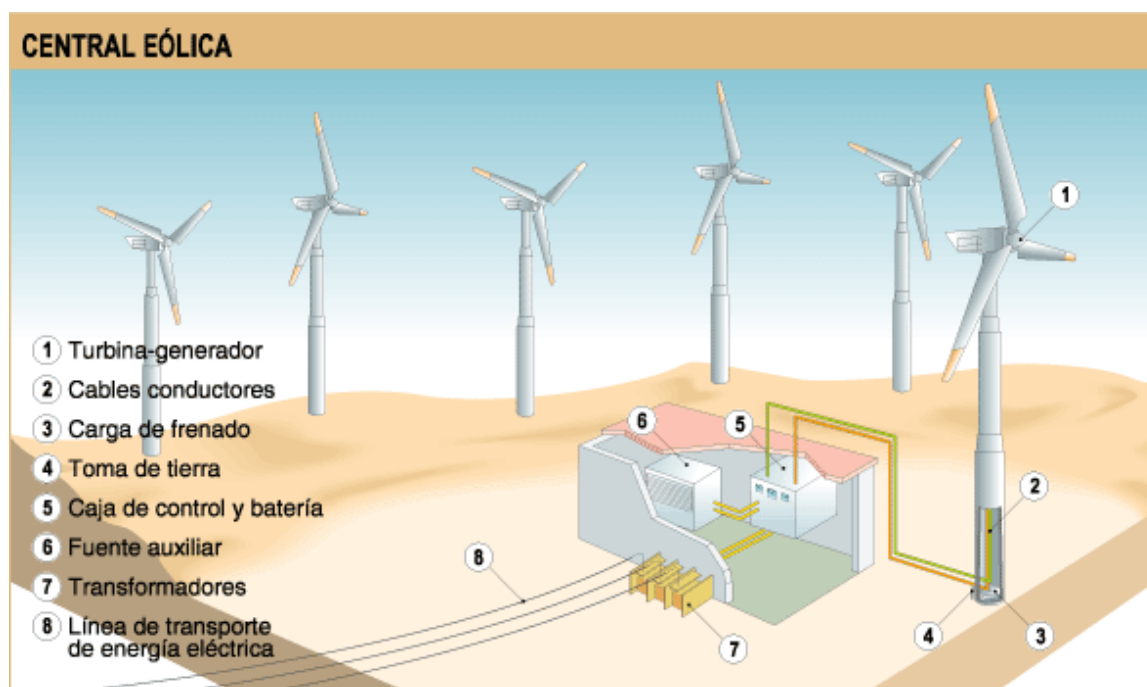


Figura. II.6. Esquema de una central eólica

¹ Rotor situado en lo alto de una torre

“La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al **gradiente de presión**”¹

Existen centrales eólicas de pequeña escala instaladas en pequeñas industrias, las cuales son usadas exclusivamente para el consumo interno de energía eléctrica, a este tipo de centrales se las conoce como centrales aisladas debido a que su aporte es netamente para la industria donde fueron construidas

La ventaja que se puede rescatar de este tipo de centrales es su bajo impacto ambiental, ya que no requieren ningún tipo de combustible para su funcionamiento, pero se puede notar un cierto impacto a la estética del ecosistema

Centrales Solares.

Son centrales solares las que aprovechan como energía primaria la energía de la **radiación solar** para la producción de energía eléctrica, pero hay que destacar que este aprovechamiento se puede dar de distintas maneras, dándose así una división en base al método de transformación, siendo las más conocidas las centrales fotovoltaicas y las fototérmicas

Centrales Fototérmicas.

Las centrales fototérmicas funcionan de la misma manera que una central térmica convencional, la diferencia radica en que para calentar el agua para la producción de vapor, se aprovecha la radiación solar, para lo cual se requiere un método de almacenamiento o concentración del calor producido por la misma, es así que se pueden encontrar básicamente dos maneras, la primera consiste en la utilización de **colectores solares**, de manera que se acumule el calor absorbido de las radiaciones solares para su posterior uso en el calentamiento del fluido; la segunda manera consiste en el uso de **helióstatos**² los cuales se encargan de reflejar las radiaciones solares hacia un punto específico, produciendo de esta manera acumulación de calor y generando así el calor necesario para

¹ <http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=19&m=21&idm=158&pat=20&n2=20>, Energía eólica

² Conjunto de la superficie reflectante y su dispositivo de orientación

calentar el fluido; sea cual sea el caso, la finalidad es usar el vapor de agua generado para producir el movimiento del rotor del generador eléctrico

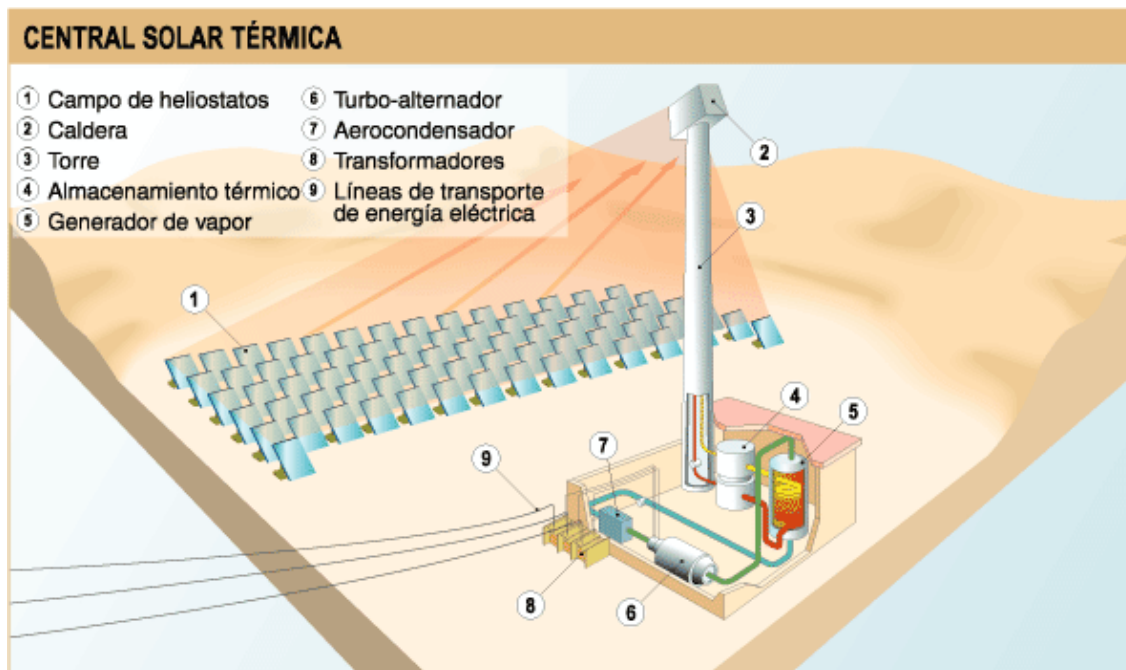


Figura. II.7. Esquema de una central solar térmica

Centrales Fotovoltaicas.

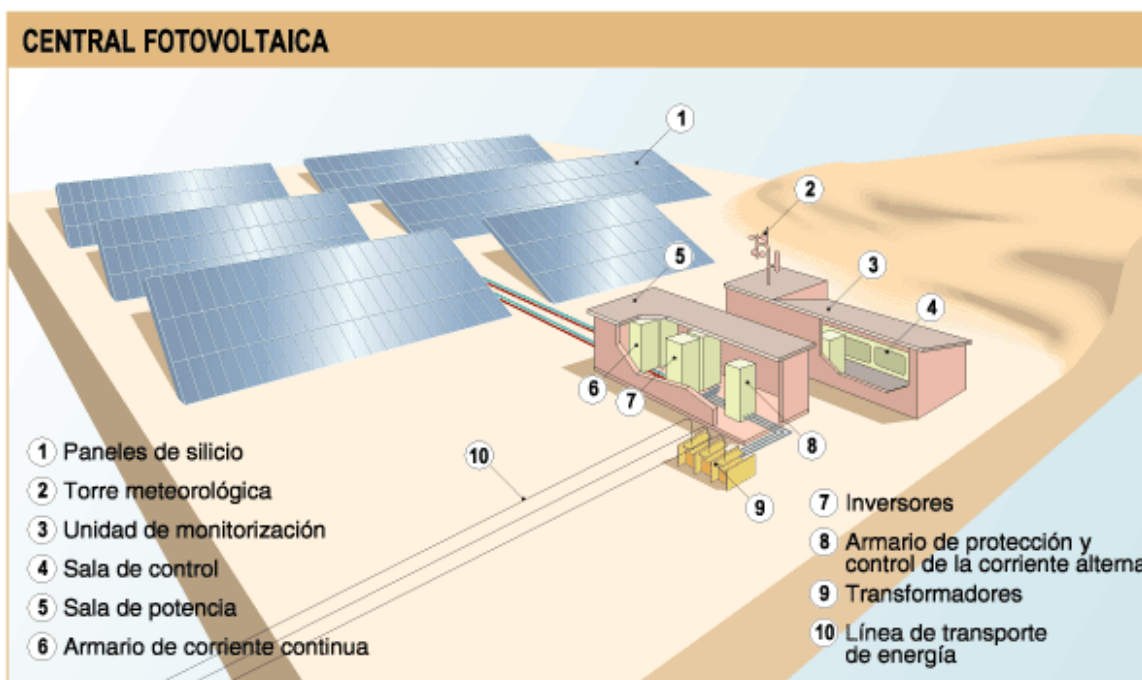


Figura. II.8. Esquema de una central fotovoltaica

Las centrales fotovoltaicas basan su funcionamiento en el uso de **paneles solares** (Figura II.9.), los cuales están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo, lo que permite crear por medio de la acción de las radiaciones solares, pequeñas diferencias de potencial en sus extremos



Figura. II.9. Panel solar¹

Dado que los voltajes producidos en estos paneles es relativamente bajo, se configuran los **campos de paneles** de manera que la conexión entre paneles sea en serie, de esta forma se logra alcanzar los voltajes deseados, pero así mismo, se requiere el uso de gran cantidad de paneles, lo que influye en el tamaño de las instalaciones, creando una desventaja debida a la utilización de extensas áreas de terreno para su construcción

Además la corriente eléctrica proporcionada por los paneles solares es continua, por lo que en las grandes centrales solares es necesario transformar dicha corriente continua a corriente alterna, de manera que la energía eléctrica generada pueda ser insertada a la red en los estándares de voltaje y corriente necesarios para su uso, lo que hace a este proceso un tanto más complejo que las otras alternativas de generación

La aceptación que han tenido este tipo de centrales es muy buena, tanto así que a futuro se busca que sea la alternativa más utilizada para generación de energía eléctrica, ya que el impacto ambiental producido por contaminación es totalmente nulo, pero para alcanzar este objetivo, se requiere una optimización de los paneles solares, poniendo énfasis en la investigación de nuevos materiales para su construcción, ya que el sílice que es su principal componente en la actualidad, tiene mucha competencia en el mercado ya que tiene otros varios usos

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Generaci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica, Generación de energía eléctrica

“Alemania es en la actualidad el segundo productor mundial de energía solar fotovoltaica tras Japón, con cerca de 5 millones de metros cuadrados de colectores de sol, aunque sólo representa el 0,03% de su producción energética total. La venta de paneles fotovoltaicos ha crecido en el mundo al ritmo anual del 20% en la década de los noventa. En la Unión Europea el crecimiento medio anual es del 30%, y Alemania tiene el 80% de la potencia instalada de la unión”¹

Entre las marcadas desventajas a más de las ya citadas, se puede mencionar su alto costo en relación con los otros métodos de generación de energía eléctrica, así como también, la aleatoriedad que presenta dicha generación al depender de las condiciones climáticas, lo que hace necesario la utilización de sistemas de almacenamiento de energía, lo que incrementa los costos, la complejidad del proceso y el tamaño de las instalaciones

Centrales de Biomasa.

Las centrales de **biomasa**² también constituyen una de las alternativas más esperanzadoras para la producción de energía eléctrica, ya que hacen uso de un recurso renovable como son los residuos forestales, dichos residuos pueden ser utilizados de dos maneras; la una consiste en la quema directa de la biomasa, de manera que reemplace al combustible utilizado por las centrales termoeléctricas, pero para un fin similar que es la obtención de vapor de agua, para de ésta manera provocar el movimiento de las turbinas del generador, la otra alternativa es obtener **biogás** a partir de la biomasa, para esto se almacena la biomasa en digestores y se la expone a un proceso de gasificación, con el gas generando se alimenta uno o mas motores que son los encargados de mover los respectivos generadores para así obtener energía eléctrica

Cada una de estas técnicas tiene tanto ventajas como desventajas; en el caso de la quema en calderas, entre las desventajas se tiene que se requiere un procesamiento previo de la biomasa hasta conseguir un material homogéneo que sirva como combustible, además se produce gran cantidad de calor, la cual en la mayoría de los casos es desperdiciada, por otro lado, tiene la gran ventaja de utilizar materiales de desecho que se encuentran con facilidad y además su explotación resulta beneficiosa para los bosques,

¹ <http://www.solarweb.net/solar-fotovoltaica.php>, Energía fotovoltaica

² Masa constituida por todos los compuestos orgánicos producidos por procesos naturales

además aporta a la creación de una cultura de cuidado hacia los bosques del planeta así como también reduce considerablemente las emisiones de CO₂ a la atmósfera

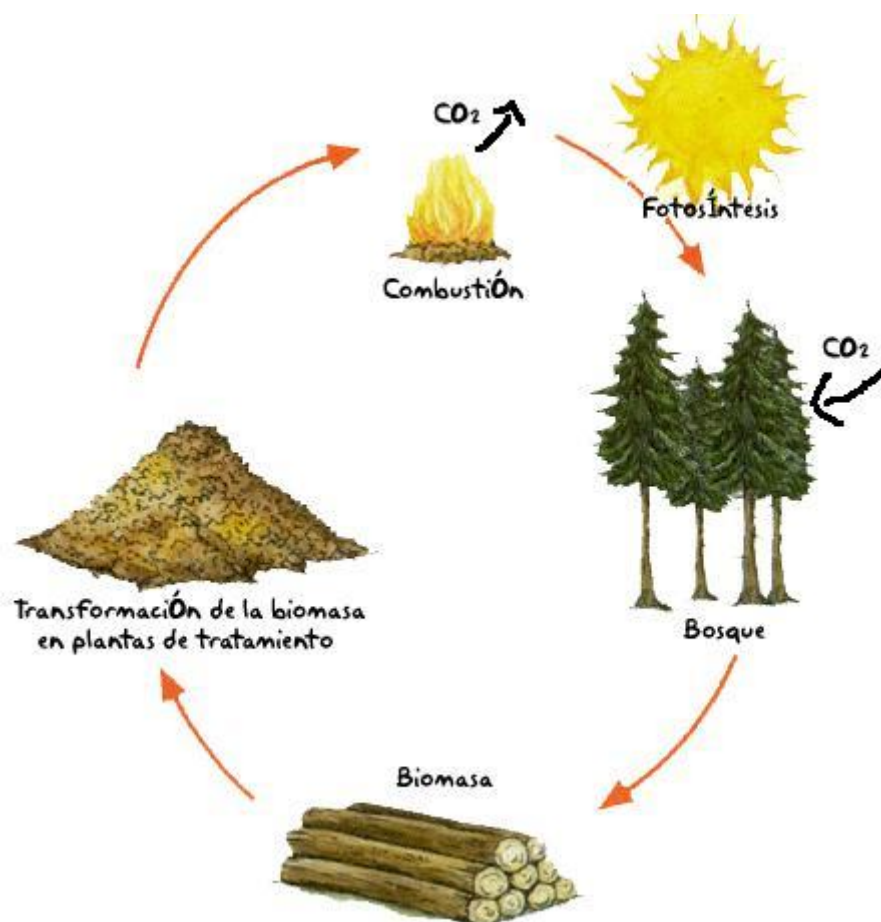


Figura. II.10. Ciclo de procesamiento y transformación de la biomasa¹

Por otro lado, el proceso de gasificación, al no tener la necesidad de producir vapor de agua, tampoco precisa de sistemas de refrigeración, pero en contraposición se requiere un mayor tiempo de procesamiento de la biomasa para la obtención del biogás

Centrales Mareomotrices.

En el caso de las centrales mareomotrices, la energía primaria que se utiliza para la generación de energía eléctrica es la energía cinética producto de las mareas, así se aprovecha el flujo y reflujo de las mismas para, por medio de la utilización de partes móviles y mediante acoples que permitan inducir movimiento al rotor de un generador, se logre producir energía eléctrica

¹ <http://www.sinergal.net/generacion-energia-electrica-biomasa-forestal>, Generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal



Figura. II.11. Central eléctrica mareomotriz en el estuario del río Rance, Francia¹

“La energía mareomotriz es la que resulta de aprovechar las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de la Tierra y la Luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última y del Sol sobre las masas de agua de los mares”²

La ventaja de este tipo de generación es que el proceso es totalmente limpio, en el sentido de que no se requiere de ningún tipo de combustibles y además de éste no quedan residuos de ninguna clase, así como también la fuerza de las mareas es un recurso renovable, que está presente continuamente; pero la construcción e instalación de este tipo de central resulta demasiado costoso, es por ello que hasta la actualidad no ha sido una alternativa muy llamativa

Generación Eléctrica a pequeña escala

Grupo electrógeno.

“Un **grupo electrógeno** es una máquina que mueve un generador de energía eléctrica a través de un **motor de combustión interna**”³

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Rance_tidal_power_plant.JPG

² http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_mareomotriz, Energía mareomotriz

³ http://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno, Grupo electrógeno

Este tipo de generación es uno de los más comunes, el motor de combustión interna es el encargado de producir el movimiento del rotor del generador, para lo cual es necesaria la utilización de combustibles como el diesel y la gasolina, con las consecuencias intrínsecas a ello, como es la emanación de gases de invernadero

Generalmente se usan como fuentes aisladas en las industrias donde el suministro eléctrico no es garantizado o tienen un servicio constantemente interrumpido, o también en lugares donde se requiere tener un respaldo de energía eléctrica, como en los hospitales, donde la importancia de sus procesos requiere que se garantice el suministro de energía eléctrica en cualquier circunstancia

Un grupo electrógeno básicamente consta de los siguientes componentes:

- Motor de combustión interna
- Sistema de refrigeración
- Alternador
- Depósito de combustible y bancada
- Regulación del motor

Otras alternativas de generación a pequeña escala.

Entre otras alternativas de generación a pequeña escala tenemos las pilas voltaicas que no son más que las baterías convencionales usadas en los aparatos electrónicos, las que están construidas con materiales químicos que al reaccionar producen la diferencia de potencial necesaria para su funcionamiento, dicha diferencia de potencial es de baja magnitud

Se puede citar también como otras alternativas a las pilas de combustible y a los generadores termoeléctricos de radioisótopos, pero dada su complejidad y bajo campo de aplicación, resulta intransigente su estudio

“Un 64% de los directivos de las principales empresas eléctricas consideran que en el horizonte del 2018 existirán tecnologías limpias, asequibles y renovables de generación local”¹

¹ <http://www.ecoticias.com/20080708-la-tecnologia-revolucionara-la-produccion-electrica-en-10-anos.html>, Generación de energía eléctrica

GENERADORES DIESEL

Los generadores diesel no son más que grupos electrógenos accionados mediante motores de combustión interna que usan como combustible al Diesel; la energía eléctrica que se genera con el grupo electrógeno proviene de un sistema de bucle cerrado conformado por el rotor inductor, el campo de inducción giratorio y el regulador automático de voltaje

La generación de energía eléctrica comienza cuando, mediante la acción del motor, se hacen girar los componentes internos del alternador; el **magnetismo remanente** en el **rotor principal** induce un pequeño voltaje alternante en el **estator principal**, luego el regulador automático de voltaje se encarga de rectificar éste voltaje y aplicarlo al **estator de excitación**, de manera que dicho voltaje en corriente continua crea un campo magnético que a su vez induce un voltaje en corriente alterna en el **rotor de excitación**

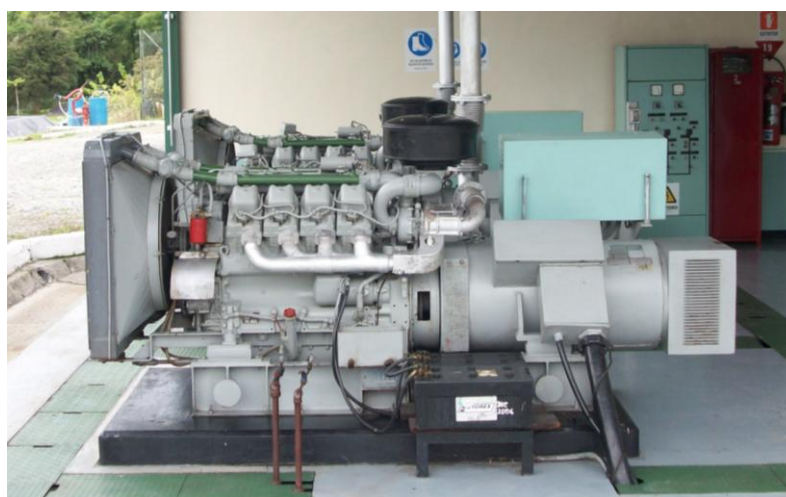


Figura. II.12. Grupo electrógeno a Diesel

Por medio del **conjunto rectificador**, formado por los **diodos giratorios**, se convierte el voltaje en corriente alterna generado en el rotor de excitación, nuevamente en corriente continua, para luego enviarlo de vuelta al rotor principal, de manera que se produzca un campo magnético más fuerte que el campo remanente original, y a su vez, induciendo un mayor voltaje alternante en el estator principal

Este mayor voltaje c.a. inducido en el estator principal se hace recircular de manera que en cada ciclo se induzca aun más voltaje c.c. al rotor principal, y se vaya acumulando

más voltaje en el estator principal. Cuando dicho valor de voltaje se aproxima al **valor nominal** del grupo electrógeno, el regulador automático de voltaje empieza a limitar el voltaje que pasa al estator de excitación, para de esta manera, limitar la potencia total de salida del alternador

Las tensiones de salida del grupo electrógeno suelen ser seleccionables, lo cual trabaja directamente sobre el regulador automático de tensión, en otros casos, existen generadores con varios cables de salida, lo que permite obtener diferentes valores de tensión. Es importante mencionar que los generadores siempre deben estar conectados apropiadamente a tierra, con un conducto cuya sección generalmente es igual a la mitad de la sección de los cables de alimentación

Elementos de un Grupo Electrónico a Diesel

Las partes constitutivas de un grupo electrógeno a Diesel son:

Motor.

Es el encargado de accionar al grupo electrógeno, produciendo movimiento mediante la combustión del diesel, son los más usados gracias a sus altas prestaciones ecológicas y económicas

Sistema eléctrico del motor.

Consta de un motor de arranque, una batería libre de mantenimiento (o baterías según sea el requerimiento), y de los sensores y dispositivos de monitoreo de alarmas que se requieran, siendo estos seleccionados según las normas de seguridad del lugar o la industria donde sean instalados. Generalmente el sistema eléctrico del motor funciona a 12Vdc, excepto en algunos casos en los que se requiere un voltaje de 24Vdc

Regulador del motor.

Es un dispositivo mecánico que ajusta la velocidad del motor según los requerimientos de carga, esto lo realiza para mantener una frecuencia constante de la potencia de salida, ya que la velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador

Sistema de refrigeración.

Es un sistema muy importante ya que es el encargado de mantener la temperatura del motor dentro de los límites permitidos de funcionamiento, puede ser por medio de aire, agua o aceite, dependiendo del tipo y potencia del motor así como de las condiciones ambientales del sitio donde esté instalado

Alternador.

Es el elemento principal encargado de la generación de corriente alterna; si hacemos girar una espira cuyos extremos estén unidos a dos anillos bajo la acción de un campo magnético, se genera una **f.e.m.** alterna, en el alternador se produce éste fenómeno, disponiendo en el inducido, de bobinados de corriente alterna monofásicos o trifásicos, según se requiera generar una o tres f.e.m.

En el caso trifásico, se montan tres bobinas desfasadas 120° entre ellas, de manera que en cada una de ellas se genera una f.e.m. alterna desfasada 120° , y generando de ésta manera corriente trifásica, la frecuencia de salida del alternador está relacionada con la velocidad de giro para un determinado número de polos

Existen básicamente dos tipos de conexión de un alternador:

- **Conexión en Estrella.** En este tipo de conexión, se unen los finales de las tres fases en un punto común conectado a neutro, dejando los tres principios libres, así se consiguen voltajes de 380V entre fases y 220V entre fase y neutro
- **Conexión en Triángulo.** En este caso se conecta el final de cada fase con el principio de la siguiente, consiguiéndose un voltaje de 220V entre fase y fase

La potencia de salida de un alternador trifásico, sea cual sea su forma de conexión, está dada por:

$$P = R * C * \sqrt{3} * V * I \quad (\text{ec. II.12})$$

Cuando se manejan potencias más o menos elevadas, se suelen utilizar alternadores autoexcitados sin escobillas, de manera que se reduzcan las tareas de mantenimiento

Sistema de control.

El sistema de control es muy importante ya que de él depende el correcto funcionamiento del grupo electrógeno; existe una gran variedad de paneles y módulos previstos para el control de grupos electrógenos, pero es conveniente saber seleccionar cuál de estas opciones es la más adecuada para cada tipo de generador. Por lo general el sistema de control dispone de un regulador automático de voltaje y de los circuitos de protección necesarios a la salida del grupo

Silenciador y sistema de escape.

Se instalan para reducir el ruido producido por el motor y sirven de conducto para las emisiones de gases producto de la combustión del Diesel

Depósito de combustible y bancada.

El grupo electrógeno, conformado por el motor y el alternador, se monta sobre una bancada de gran resistencia, generalmente construida de acero; en la bancada se suele incluir un depósito de combustible con una capacidad mínima equivalente al consumo del grupo durante 8 horas de funcionamiento a plena carga

Aislamiento de la vibración.

Se instalan tacos antivibrantes entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada, de manera que se reduzcan al mínimo las vibraciones transmitidas por el acople motor – alternador

Interruptor automático de salida.

Es un dispositivo que se instala cuando el generador funciona en modo manual, para protección del alternador, en el caso que el funcionamiento es automático, en lugar del interruptor de salida se usan contactores. Tanto el interruptor automático de salida como los contactores deben ser adecuados para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno

Resistencia de Precaldeo.

Es un dispositivo calefactor que se usa para facilitar el arranque del motor cuando las condiciones de frío en el ambiente son intensas, se la usa solo en los casos en que el sistema de refrigeración del generador es por agua, dicha resistencia de precaldeo se alimenta con 220 Vca y se encarga de calentar el agua de refrigeración para de esa manera calentar el motor, generalmente dispone de un termostato ajustable que permite seleccionar la temperatura adecuada para que el grupo arranque en pocos segundos

En los casos en que el sistema de refrigeración es por aire, se suelen usar radiadores eléctricos ubicados debajo del motor para mantener la temperatura del aceite a determinada temperatura

Bomba de Trasiago.

Si el grupo electrógeno se encuentra en un lugar muy apartado y permanece en funcionamiento una gran parte del día, se requiere instalar un mecanismo para restablecer el combustible consumido, el mismo que consta de un motor eléctrico de 220 Vca en el que va acoplada una bomba, la cual se encarga de suministrar combustible al depósito cuando el nivel es muy bajo; al grupo motor – bomba se lo conoce como **bomba de trasiago** y consta además de una boya encargada de medir nivel mínimo y máximo de combustible para accionar o parar el funcionamiento del motor

Adicionalmente se pueden instalar otros dispositivos o accesorios, dependiendo de las necesidades

Mantenimiento

Es de gran importancia el realizar mantenimientos programados a los distintos elementos que componen al generador, con ello se garantiza un correcto funcionamiento del mismo y se aumenta la confiabilidad del sistema de control, ya que va a ser menor la probabilidad de que existan fallos debidos a las malas condiciones físicas o al deterioro de ciertos elementos; los componentes que requieren una mayor atención son el motor, el alternador y las baterías, por ello las tareas de mantenimiento de los mismos deben ser más frecuentes, pero no obstante, cada cierto periodo de funcionamiento es aconsejable realizar mantenimientos generales a todos los componentes del grupo electrógeno

Del motor.

Entre las tareas de mantenimiento más importantes y aplicables a todo tipo de motor tenemos:

- **Revisión del nivel de aceite.** Si el motor estaba en funcionamiento, hay que esperar al menos 3 minutos hasta que se enfríe, el nivel del aceite debe estar siempre entre las marcas MAX y MIN de la varilla provista para la medición
- **Cambio de aceite y filtros de aceite.** Se debe respetar siempre los intervalos recomendados de cambio de aceite, sustituyendo al mismo tiempo los filtros correspondientes
- **Cambio del filtro del aire.** Se debe sustituir el filtro de aire cuando la concentración de suciedad en el mismo es demasiado alta
- **Comprobación y ajuste de correas de elementos auxiliares.** Ésta tarea se debe realizar después de haber tenido en funcionamiento al motor, es decir, cuando las correas aún están calientes. En el caso de las correas del alternador, se debe aflojar los tornillos y luego tensarlas, éstas deben ceder 10 mm entre las poleas; para las correas del ventilador, no es necesario realizar ajustes ya que tienen incorporado un tensor automático. En los dos casos se debe revisar el desgaste de las correas, si están muy desgastadas, se deben sustituir; si hay correas desgastadas que funcionan en pares, se deben sustituir ambas al mismo tiempo
- **Revisión del sistema de refrigeración.** Es necesario realizar cambios periódicos del refrigerante, ya que con el transcurso del tiempo los aditivos anticorrosión se hacen menos eficaces, además se debe realizar un lavado general del sistema de refrigeración cada vez que se vaya a sustituir el refrigerante
- **Revisión del filtro de combustible.** Si existe demasiada suciedad acumulada en el filtro de combustible, es necesario sustituirlo, caso contrario basta con realizar una limpieza

Del alternador.

Las tareas de mantenimiento para el alternador dependen de los componentes internos del mismo, pero generalizando, se pueden indicar las siguientes:

- **Revisión del estado de los devanados.** Siendo los devanados uno de los elementos de mayor importancia en el alternador, hay que poner especial atención a su mantenimiento, en especial cuando el generador a estado fuera de funcionamiento por mucho tiempo; para determinar el estado de los devanados se debe medir la **resistencia de aislamiento a tierra**¹, la misma que se ve afectada por la humedad y la acumulación de suciedad en los devanados, para ello se usa un **megóhmetro** o **Megger**. No existe un valor generalizado para la resistencia de aislamiento, pero como norma se usa para su cálculo la siguiente fórmula:

$$R(\text{MegaOhmios}) = \frac{\text{Tensión}_{\text{NOMINAL}} (\text{V})}{\text{Potencia}_{\text{NOMINAL}} (\text{KW})} + 1000 \quad (\text{ec. II.13})$$

Dicha fórmula es aplicable siempre y cuando la máquina se encuentre en funcionamiento

- **Cambio de Cojinetes.** Se sugiere cambiar los cojinetes después de 40.000 horas de funcionamiento, pero adicionalmente se debe revisar periódicamente que no recalienten o produzcan excesivas vibraciones, ya que esto puede ser fruto de imperfecciones en el cojinete debido al desgaste o a la pérdida de grasa, si este fuera el caso, es necesaria su sustitución. Para los cojinetes montados en generadores accionados por polea, el tiempo sugerido para su reemplazo es de 25.000 horas, ya que dichos cojinetes están sometidos a más fuerzas que los montados en generadores de accionamiento directo
- **Revisión de anillos rasantes y escobillas.** Esta actividad de mantenimiento es muy importante ya que cuando las escobillas están en mal estado o hay suciedad acumulada en los anillos rasantes, se producen chispas, lo cual es muy peligroso en ambientes explosivos. Se debe comprobar la correcta posición de las escobillas, de manera que toquen a los anillos rasantes en toda su superficie y deben ser sustituidas cuando se ha

¹ resistencia óhmica que ofrece la carcasa de la máquina respecto a tierra

gastado una cuarta parte de su longitud; los anillos rasantes se deben limpiar periódicamente y en especial cuando se han sustituido las escobillas

De baterías.

En el caso de las baterías se realizan las siguientes actividades de mantenimiento:

- **Limpieza de contactos.** Es importante realizar una limpieza periódica de los contactos ya que en ciertas ocasiones la acumulación de suciedad impide que haya un buen contacto y existan fallas al momento del arranque del generador
- **Comprobación del nivel de electrolito.** Se debe realizar previamente una limpieza externa de la batería para evitar el ingreso de suciedad a los compartimientos. Se retiran los tapones y en caso de que se requiera un relleno de electrolito, se añade agua destilada hasta que el nivel esté a 8 mm por encima de los separadores, luego se vuelven a colocar los tapones
- **Comprobación de la carga.** Para ello se debe medir la densidad del electrolito, si se encuentra entre un valor de 1.24 y 1.28, la batería está totalmente cargada; si el valor está entre 1.17 y 1.22, la batería se encuentra medianamente cargada y si está entre 1.12 y 1.14, la batería está descargada

REGULADORES DE VOLTAJE PARA GENERADORES

Un regulador automático de voltaje (AVR) para grupos electrógenos, tiene como función básica alimentar al circuito de excitación de manera que el voltaje generado se mantenga constante dentro de los rangos de frecuencia y carga determinados

Parámetros característicos de un Regulador Automático de Voltaje (AVR)

Se debe elegir el regulador automático de voltaje adecuado para cada tipo de generador, tomando en cuenta ciertos parámetros importantes como la corriente, voltaje de la excitatriz, impedancia del campo y características de generación; adicionalmente existen ciertos parámetros generales o capacidades que deben poseer los AVR, entre los de mayor importancia se pueden mencionar:

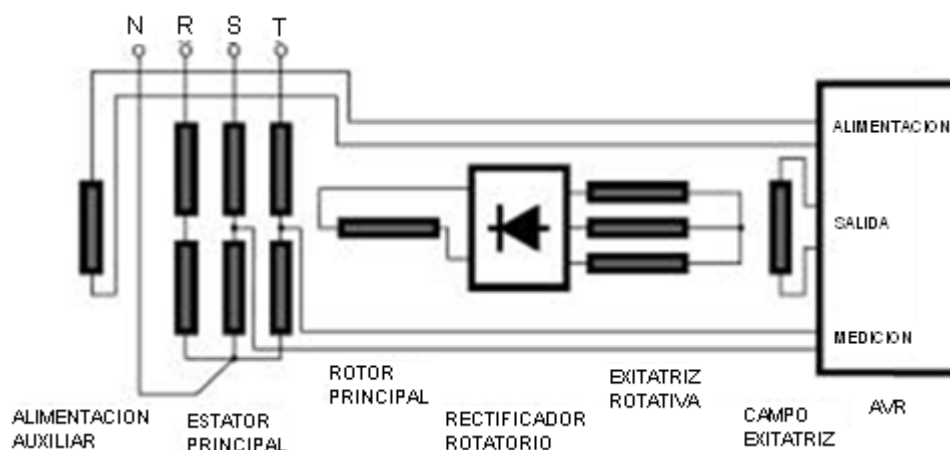


Figura. II.13. Esquema general de un AVR

Arranque en frío.

Al momento del arranque, el AVR debe tener la capacidad de excitar la máquina a partir de las pequeñas tensiones obtenidas del magnetismo remanente producido por el movimiento inicial del motor, teniendo en cuenta además que la frecuencia en este punto es variable e inferior a la frecuencia nominal de funcionamiento

Protección por baja frecuencia.

El AVR debe incluir una protección por baja frecuencia, de manera que se mantenga una tensión de salida baja mientras la frecuencia se encuentre por debajo del valor nominal de funcionamiento, principalmente para proteger a los bobinados y diodos rotativos de daños ocasionados por sobreexcitación

Compensación de frecuencia V/F.

Cuando la carga conectada al grupo electrógeno es demasiada y produce una considerable disminución de velocidad del motor impulsor, el AVR debe tener la capacidad de compensar dicha pérdida de velocidad, de manera que la frecuencia de salida permanezca constante

Protección por sobreexcitación.

El AVR debe contar con un mecanismo que permita parar el funcionamiento del generador en caso de que se produzca un incremento de la tensión de excitación por un tiempo prolongado, ya que en caso de existir una sobreexcitación, para des excitar la

máquina es necesario hacer un paro completo del sistema para volver a ponerlo en funcionamiento

Entradas de control especiales.

A pesar de que este parámetro puede ser considerado como una característica extra del AVR, en la actualidad es muy importante, ya que cada vez más a menudo se implementan sistemas de generación completamente automáticos, lo que hace imprescindible que el AVR cuente con entradas de control aisladas que permitan la correcta conexión con el dispositivo de control

Descripción de Componentes del AVR

El AVR consta de un bloque encargado de medir la **tensión real** en bornes de la máquina, para lo cual realiza la medición de tensión y la suma vectorial de la corriente, la misma que es acondicionada mediante un **rectificador de precisión**

Consta además de un bloque encargado de la medición de frecuencia y de un generador de funciones que es el encargado de la protección por baja frecuencia y de la compensación de frecuencia

Se tiene un bloque sumatorio al cual llegan todas las referencias externas así como también el valor de la tensión real en bornes de la máquina y el valor de la frecuencia, para luego de su procesamiento, pasar a un bloque amplificador de tensión de ganancia variable

A continuación del amplificador de tensión se tiene un lazo encargado de controlar la corriente de excitación, “compuesto de un amplificador de corriente, un modulador de ángulo de disparo, un puente rectificador de onda completa semicontrolado y las mediciones de corriente y tensión de salida, esta última usadas en la función de parada por sobre excitación (shutdown)”

El bloque encargado de la protección por sobreexcitación generalmente está conformado por un comparador de tensión, un integrador y un flip-flop encargado de memorizar la falla

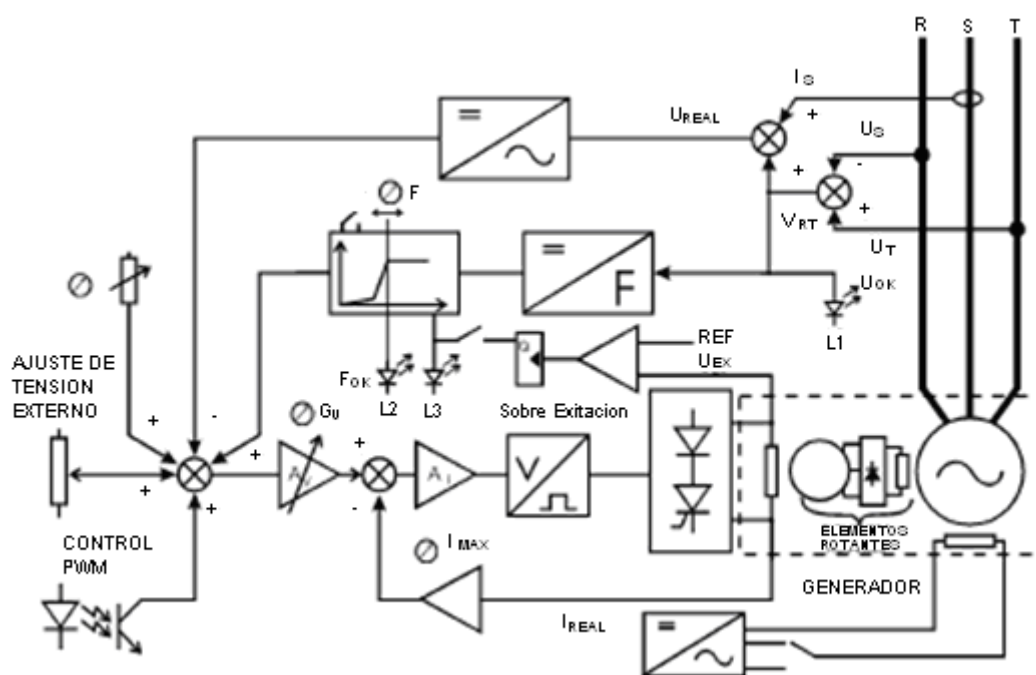


Figura. II.14. Diagrama en bloques de un AVR

Adicionalmente el AVR consta de una fuente de alimentación (regulada y estabilizada) con **transformador de aislamiento**, puentes selectores encargados de setear los parámetros de funcionamiento como la frecuencia, voltaje de alimentación del AVR, etc., led's indicadores de estado y **potenciómetros de reajuste** encargados de la calibración inicial del regulador previa a la puesta en funcionamiento

REDES INFORMÁTICAS INDUSTRIALES

Las redes informáticas industriales fueron creadas para facilitar entre otras cosas el intercambio de datos en tiempo real, así como también para permitir el acceso a la información de forma permanente y sin necesidad de encontrarse a pie de planta, de manera que sea posible realizar un monitoreo y control remoto de los procesos de producción así como también de los sistemas y subsistemas presentes en la industria; por otra parte las redes informáticas industriales permiten tener una mayor flexibilidad y escalabilidad en los procesos, lo que hace posible una elevada capacidad de integración

Para ello se han desarrollado diversas topologías de red tanto físicas como lógicas, que determinan el modo de conexión de los distintos dispositivos así como la manera en que se comunican e intercambian la información entre sí, todas ellas con sus respectivas ventajas y desventajas pero que constituyen opciones válidas y aplicables de acuerdo a las

necesidades y características de la industria; por otro lado se han desarrollado también varios protocolos y estándares de comunicación que cada vez se van adaptando para ser compatibles unos con otros y permitir que dispositivos que trabajan sobre distintos protocolos puedan intercambiar información sin problema

Niveles en una red industrial¹

Generalmente dentro de una industria se agrupan jerárquicamente los dispositivos que sirven para la interconexión de la red en las distintas áreas, para ello se ha creado un modelo por niveles en los cuales se pueden conectar los distintos dispositivos utilizando el protocolo de comunicación más adecuado para cada nivel, así se encuentran cuatro niveles dentro de este modelo

Nivel de Gestión.

En el nivel de gestión se suelen encontrar los equipos o estaciones de trabajo encargadas de supervisar el campo productivo comercial del sistema, este nivel es el más elevado e integra el sistema a otros sistemas dentro de la industria e incluso a otras industrias mediante Redes de Área Local (LAN) o Redes de Área Extendida (WAN)

Nivel de Control.

En este nivel se encuentran dispositivos encargados de enlazar, controlar y dirigir las distintas estaciones de trabajo tales como ordenadores dedicados a diseño o programación y autómatas de gama alta; para la interconexión de los dispositivos en este nivel, se suelen emplear redes LAN

Nivel de campo o proceso.

En este nivel se encuentran dispositivos como PLC's, bloques de E/S, ordenadores y controladores encargados de procesar la información que reciben del nivel más bajo y transferirla al nivel de control, para la integración de dichos dispositivos se usan los buses de campo

¹ <http://eya.swin.netr>, Comunicaciones Industriales

Nivel de E/S.

Es el nivel más bajo del modelo y el más próximo a la planta o proceso, en él se encuentran los distintos sensores y actuadores encargados de la adquisición de las medidas o datos necesarios para el control y supervisión del sistema, así como del manejo del proceso

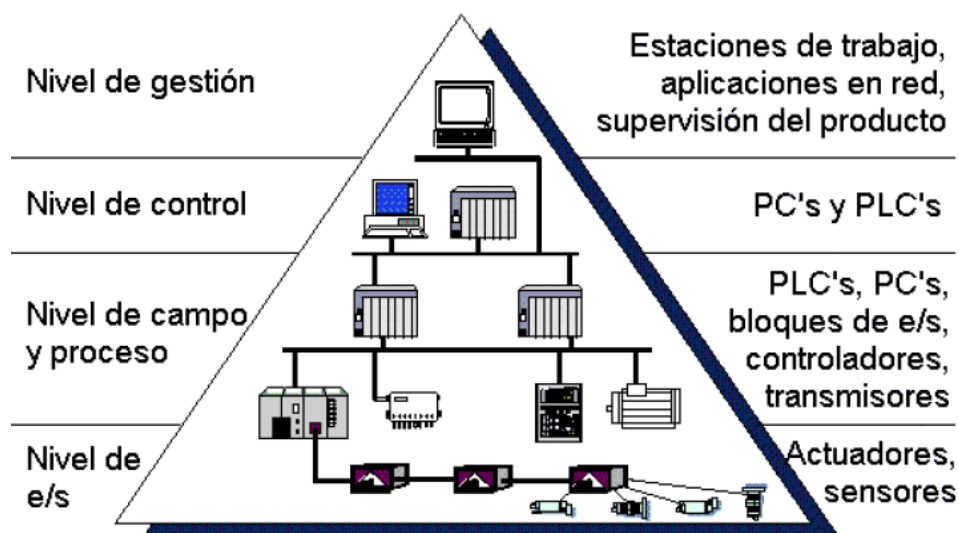


Figura. II.15. Modelo en Niveles de una Red Industrial¹

Topologías de Red

Topología de red se refiere al modo físico o geométrico en que se conectan los dispositivos de red; cada una de las diferentes topologías tiene sus ventajas y desventajas, siendo la topología en bus la más utilizada industrialmente debido al bajo costo de conexión de los dispositivos así como también a la alta fiabilidad que presenta frente a la posibilidad de integrarse a redes generales

Por otro lado, se puede considerar la implementación de la topología en estrella en el caso de que se esté utilizando para el sistema un control centralizado, pero la topología en anillo prácticamente no es utilizada en redes industriales; además cabe mencionar que si se toma como referencia el modelo en niveles, es posible implementar distintas topologías de red en cada nivel, así como también el empleo de topologías híbridas, dependiendo entre otros factores de la tasa de transferencia requerida y el cableado a utilizarse

¹ <http://eya.swin.netr>, Comunicaciones Industriales

Topología Anillo.

Su uso a nivel industrial no es muy común, específicamente hablando en el área del proceso o campo donde interactúan los sensores, actuadores y controladores, ya que éste tipo de topología tiene una alta dependencia de un nodo para la comunicación; por otro lado la confiabilidad de la red se ve comprometida ya que si alguno de los enlaces falla, toda la red se ve afectada

Los dispositivos se conectan de manera que cada uno de ellos está conectado directamente con el dispositivo inmediatamente anterior y posterior

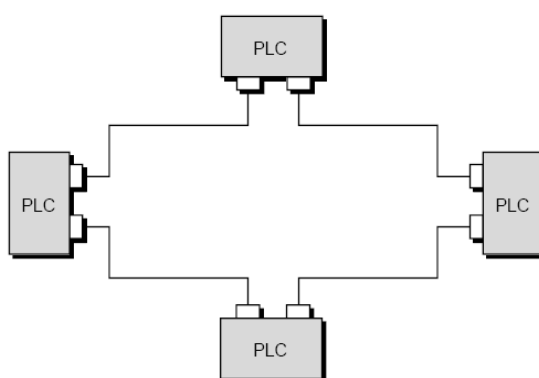


Figura. II.16. Topología de red en anillo¹

Topología Estrella.

En la topología de estrella, todos los dispositivos de control se conectan directamente a un dispositivo central que puede ser un controlador de red multipuertos, de manera que éste es el encargado de gestionar las comunicaciones e intercambio de datos entre los dispositivos de control y hacia los dispositivos de supervisión y monitoreo

La marcada desventaja que presenta este tipo de topología radica en que la confiabilidad de la red depende exclusivamente del nodo central, y en caso de una falla del mismo, toda la red dejaría de funcionar, además su costo para instalaciones grandes es muy elevado, por ello no se utiliza a mayor escala en ambientes industriales

¹ GORDILLO, Rodolfo, *introducción1.pdf*, 1, 1, 2008, 39

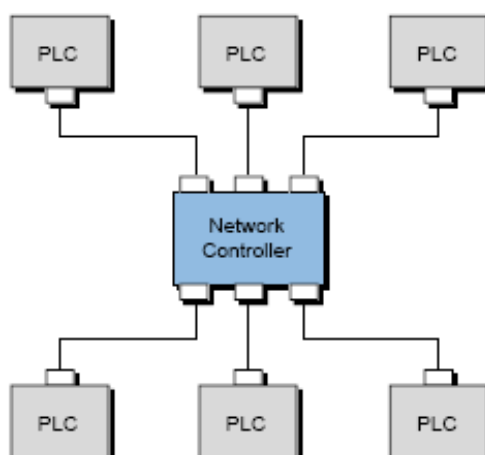


Figura. II.17. Topología de red en Estrella¹

Topología en Bus.

En la topología en bus, los dispositivos se encuentran interconectados en una sola línea troncalizada, así la confiabilidad de la red dependerá exclusivamente de dicha línea



Figura. II.18. Topología de red en Bus²

Es la topología de red más utilizada a nivel industrial y de ella se derivan los buses de campo, que viene a ser los distintos protocolos y estándares de comunicación que determinan el modo de acceso al medio así como la manera en que intercambian datos los distintos dispositivos de la red en el nivel más bajo de la estructura jerárquica de las redes industriales

Buses de Campo

Un bus de campo se puede considerar como un sistema que interconecta distintos dispositivos de entrada/salida (dispositivos de adquisición de datos, controladores, sensores

¹ GORDILLO, Rodolfo, *introducción1.pdf*, 1, 1, 2008, 39

² GORDILLO, Rodolfo, *introducción1.pdf*, 1, 1, 2008, 39

y actuadores) en el nivel más bajo de la estructura jerárquica de las redes industriales, es decir, en el nivel de campo o proceso

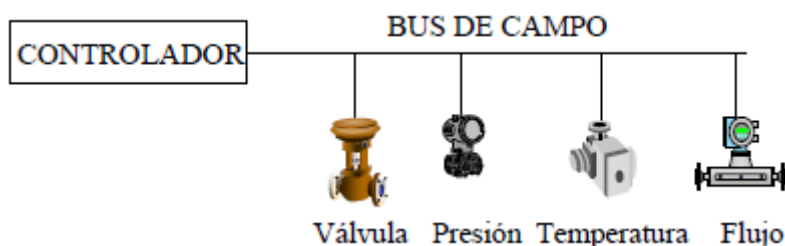


Figura. II.19. Arquitectura de Bus de Campo¹

El bus es el medio que permite conectar diferentes equipos de modo tal que se puede transmitir varias señales en la misma línea, todos los dispositivos pueden intercambiar datos entre sí, y en cualquier momento se puede realizar una ampliación. Desde el punto de vista puramente económico puede ocurrir que el sistema de bus sea más costoso, pero por otra parte permite llevar a cabo una instalación más simplificada y rápida, igual que la puesta en funcionamiento

La transmisión de datos se realiza de forma serial lo cual es una gran ventaja a nivel industrial ya que reduce el cableado considerablemente, generalmente son suficientes dos o tres conductores debidamente protegidos contra las perturbaciones externas; además permite distancias operativas superiores al cableado tradicional y comunicación en tiempo real

Entre otras ventajas de los buses de campo se puede mencionar la escalabilidad y capacidad de extensión que permiten ya que se pueden interconectar una considerable cantidad de dispositivos y en caso de que se requiera adicionar dispositivos adicionales al sistema, simplemente se conecta el nuevo dispositivo al bus sin mayor problema de instalación, adicionalmente permiten la interconexión de dispositivos de distinta procedencia y función, lo cual brinda una mayor capacidad de integración dependiente únicamente del mecanismo estándar elegido para el intercambio de datos

¹ <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>, Redes Industriales

Entre las desventajas tenemos que la inversión inicial para la implementación de una arquitectura de buses de campo es alta, además se requiere adquirir equipos e instrumentos de diagnóstico para el mantenimiento y detección de fallas, lo que conlleva a que los encargados de la supervisión y mantenimiento del sistema debe ser personal calificado y con mayor conocimiento técnico

Existen básicamente dos tipos de datos que transitan por el bus de campo, los datos de proceso y los parámetros o mensajes. Los datos de proceso son las señales que actúan directamente sobre el sistema controlado, es decir las variables de proceso que deben ser actualizadas cíclicamente y en tiempo real; por otro lado los parámetros o mensajes son datos que ajustan, monitorizan y programan a los dispositivos inteligentes, para ellos no es necesario una actualización cíclica sino que trabajan bajo requerimiento, en este caso los paquetes de datos transmitidos son mas grandes que en el caso de los datos de proceso

Control de acceso al Medio Físico.

El control de acceso al medio determina la forma o técnica que utilizan los dispositivos para recoger y depositar datos en la red física, de él depende la velocidad de transmisión, el tamaño de paquete de datos que puede ser transmitido y si la red puede tener transferencia de datos en tiempo real o no. Entre las principales técnicas de control de acceso se pueden mencionar:

- *Maestro/esclavo.* Un dispositivo maestro realiza una petición de información y los esclavos la envían, es el método más sencillo
- *Paso de testigo.* Los dispositivos pueden acceder al medio cuando tienen el testigo únicamente
- *Encuesta.* El dispositivo maestro envía salidas a los esclavos y recibe entradas de ellos
- *Cambio de estado.* El dispositivo no puede tener acceso al medio hasta que cambia de estado internamente, esto sucede en los sistemas discretos
- *Cíclico.* Se asigna en la red un tiempo prefijado durante el cual cada dispositivo puede acceder al medio, este proceso se realiza cíclicamente
- *Test.* Método a manera de broadcast para comprobar el estado del bus y los dispositivos conectados a él

Control de acceso por Paso de Testigo (Token passing).

En este tipo de control de acceso, cada uno de los nodos o dispositivos debe esperar a ser seleccionado, esta selección se realiza mediante el paso de un paquete de datos predefinido conocido como testigo, de esta manera, cuando el nodo posee el testigo, tiene acceso sin restricciones al medio y puede realizar la transferencia de datos si así lo requiere, terminadas las tareas de transferencia, el nodo libera el testigo y lo pasa al siguiente nodo

Gracias a este proceso de selección, se proporciona un reparto equitativo de acceso al medio a cada nodo y se evitan interferencias entre dispositivos; existen dos variedades de este tipo de control de acceso: paso de testigo en bus (**token bus**) y paso de testigo en anillo (**token ring**)

Paso de Testigo en Anillo (recomendación IEEE 802.5).

El funcionamiento de este modo de acceso es exactamente el descrito en token passing, funciona bajo una topología física de anillo por lo que no hay ningún inconveniente en la transferencia de datos y el paso del testigo

Cuando un nodo tiene el testigo, puede depositar datos en el medio, los mensajes enviados van pasando de nodo a nodo hasta que sea recogido por el nodo correspondiente, así mismo la respuesta se envía de nodo en nodo hasta que el nodo que envió el mensaje original recoja la información del medio físico, luego de recibir la información, el nodo libera el testigo y lo pasa al siguiente nodo

Una variante de este tipo de control de acceso permite que luego de haber sido liberado el testigo, este no se pase al nodo siguiente, sino al nodo que lo haya solicitado mediante un paquete de datos adicionado al mensaje de respuesta, esto se maneja mediante un sistema de prioridades

Paso de Testigo en Bus (recomendación IEEE 802.4).

Igualmente el proceso de selección por medio del testigo es el mismo que en el caso de token passing, pero en este caso, al trabajar sobre una topología física de bus, los mensajes no pasan de nodo a nodo sino que están disponibles para todos los nodos al

mismo tiempo, por ello el testigo debe poseer en su trama la dirección lógica del nodo destino

En caso de que se incrementen o decrementsen los nodos conectados al bus, es necesaria una reestructuración de las direcciones lógicas de toda la red

Control de acceso por Contienda (IEEE 802.3).

Conocido como CSMA (Carrier Sense Multiple Access), en este caso cada nodo puede tener acceso al medio físico cuando lo desee, primero mira si el medio está libre y lo usa, en caso de que esté ocupado, espera hasta que sea liberado; los problemas con este modo de acceso al medio ocurren cuando varios nodos ven libre al medio y empiezan a usarlo al mismo tiempo, entonces se producen colisiones y los retardos en las transmisiones pueden durar mucho tiempo

Para solucionar este problema se usa el CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect), este método permite a los nodos detectar cuando se ha producido una colisión en la transmisión y si ese fuera el caso, se ejecuta un algoritmo para establecer un tiempo aleatorio de espera hasta que el nodo pueda volver a tomar posesión del medio

Tipos de buses de Campo

La mayoría de los buses de campo trabajan en el nivel 1 del modelo en niveles de una red industrial con interfaz RS 485. Entre los sistemas en bus más conocidos e implementados tenemos los siguientes:

ASI (Actuator Sensor Interface).

Es el bus más inmediato al nivel de campo y más sencillo de controlar, fue desarrollado por el AS-i Consortium; una de las grandes ventajas de este bus de campo es que el cableado que utiliza incluye dos hilos que permiten incorporar conjuntamente la señal de alimentación y la señal de control. El sistema de comunicación es del tipo maestro/esclavo de manera que la configuración de los esclavos se la realiza desde el dispositivo maestro

Este tipo de bus de campo es de topología libre, pudiendo conectarse hasta un máximo de 31 dispositivos; teniendo en cuenta la limitación en tamaño de la red se tiene

un tiempo de ciclo menor a 5 ms; el tamaño de mensaje admisible es de 8 bits (4 de entrada y 4 de salida) por nodo con comunicación tipo encuesta. Tiene una velocidad de transferencia de 167 kbit/s y alcanza distancias de 100 m o hasta 300 m utilizando repetidores

CAN (Control Area Network).

Estandarizado como ISO 11898-1 en 1993, originalmente fue diseñado por Bosch en 1986 para su uso dentro de los automóviles con el objetivo de reducir la cantidad de hilos conductores, en la actualidad es usado como un bus multimaestro para conectar dispositivos inteligentes

En este caso no se direccionan los nodos para la transmisión, sino que dentro del mensaje se incorpora un identificador (único en la red) de manera que éste es el encargado de definir el contenido y prioridad del mensaje, así, el acceso al bus se da de acuerdo a la prioridad dada en el identificador. Los mensajes tienen un formato de tipo broadcast

Las velocidades de transmisión varían de acuerdo a la distancia teniendo 50 kbit/s a 1 m hasta 1 Mbit/s a 40 m con un volumen de información de 64 bits de datos de usuario. Sobre CAN se han desarrollado otros protocolos como: DeviceNet y CANOpen

CANOpen.

Al igual que el protocolo CAN, originariamente fue creado para el mundo de la automoción en 1993, está basado en CAN (Controller Area Network) y la capa de aplicación CAL (CAN Application Layer). Sus ventajas principales son su simplicidad, alta fiabilidad de transmisión y tiempos de reacción extremadamente cortos

Admite hasta 64 nodos con distancias de 100 a 500 m obteniendo velocidades de transmisión de 125, 250, 500 y 1000 kbit/s. El tamaño de mensaje es de 8 bytes máximo por nodo y por mensaje, soportando los formatos polling, strobing, change-of-state, cyclic y otros

Entre las desventajas que presenta este protocolo es que tiene una limitada aceptación fuera de Europa y además presenta limitaciones en cuanto a ancho de banda, tamaño de los mensajes y tamaño de la red

DeviceNet.

Este protocolo fue impulsado por Allen Bradley en 1994 y se trata de un link de comunicaciones de bajo coste que conecta dispositivos industriales a la red, eliminando los costosos cableados a mano. Se implementa un protocolo de la capa 7 (aplicación) orientada a la conexión sobre un protocolo CAN, la ODVA (Open Devicenet Vendor Association) es la asociación encargada de dar soporte a este protocolo

Permite la conexión de hasta 64 nodos con velocidades de transmisión a elegir de acuerdo a la distancia 125 kbit/s (500 m), 250 kbit/s (250 m) y 500 kbit/s (100m). El tamaño de mensaje es de 8 bytes de información por nodo y por mensaje, soportando los formatos polling, strobing, change-of-state, cyclic, y broadcast

Entre las ventajas se tiene que es un protocolo de topología lineal con datos y alimentación proporcionada para el mismo bus así como también de bajo coste, gran aceptación, alta fiabilidad y permite un uso eficiente del ancho de banda. Entre las desventajas que presenta se tiene que el ancho de banda es limitado, así como el tamaño de los mensajes y la longitud de la red

BITBUS.

Este protocolo es el más difundido en todo el mundo, permite la conexión de hasta 53 nodos en la red. El tamaño de mensaje que puede transmitir es de 43 bytes de datos por medio del formato maestro/esclavo

PROFIBUS (PROcess FIeld BUS).

Es el estándar europeo en tecnología de buses, jerárquicamente se encuentra por encima de ASI y BITBUS, está normalizado con EN 50 170, tomo 2, norma PROFIBUS. Ofrece interfaces de usuario tanto para comunicaciones rápidas con dispositivos de campo como para el intercambio de datos entre equipos maestros

Dispone de 31 nodos admitiendo hasta un máximo de 127, teniendo un tiempo de ciclo aproximado de 90 ms considerando la conexión de 31 nodos; el tamaño de mensaje permitido es de hasta un máximo de 246 bytes

Este protocolo trabaja según procedimiento token passing con maestro/esclavo subyacente (según EN 50 170, tomo 2), en este método es posible distinguir entre dispositivos o estaciones de red activos y pasivos de manera que el token, o testigo, lo reciben únicamente los dispositivos activos conectados al bus

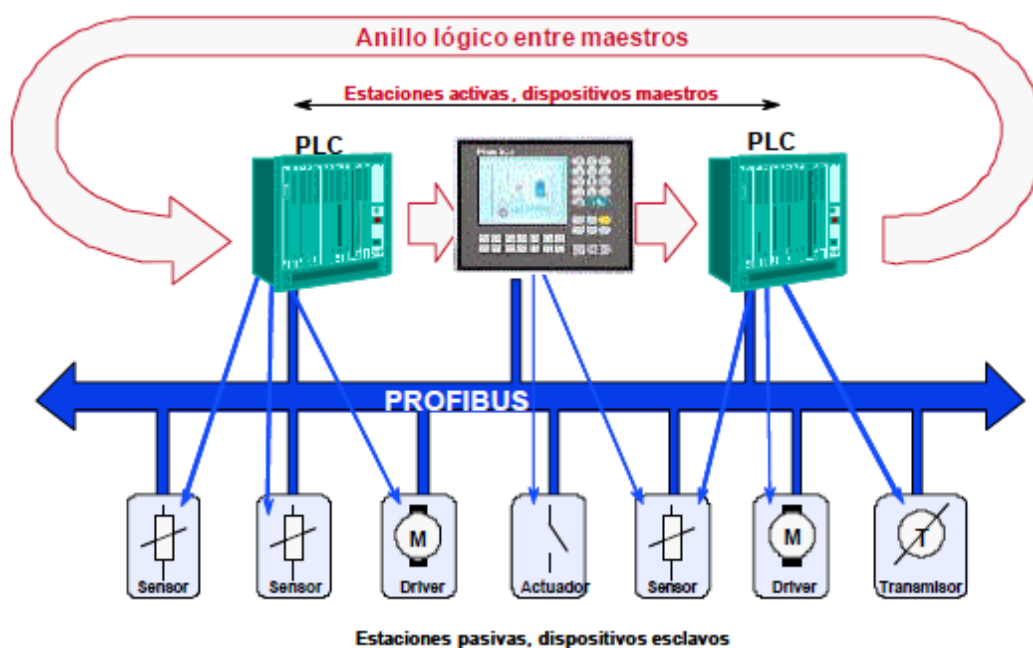


Figura. II.20. Esquema de Token Passing con maestro/esclavo subyacente¹

Entre las más notables ventajas se tiene que este protocolo permite identificar automáticamente si un dispositivo acoplado al bus ha fallado o si se ha incorporado un dispositivo adicional, además es importante acotar que todos los dispositivos acoplados al bus deben ser previamente configurados con la misma velocidad de transmisión

PROFIBUS FMS (Fielbus Message Specification). Entre las aplicaciones de propósito general de los buses de campo, este protocolo es considerado como la solución universal; constituye una versión reducida de MMS (Manufacturing Message Specification) que es una especificación del protocolo MAP PROFIBUS FMS; el PROFIBUS FMS prioriza el voluminoso intercambio de información frente a la velocidad de transmisión. Es de tipo **multimaestro**² y se usa a nivel de planta o célula

¹ <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>, Redes Industriales

² paso de testigo entre maestros, maestro-esclavo con los demás dispositivos

Entre sus ventajas se tiene que: permite la transmisión de la señal de datos y de alimentación en un único cable, brinda seguridad en las comunicaciones y permite servicios de usuario estructurados para la comunicación abierta en pequeñas células (generalmente constituidas por 10 hasta 15 dispositivos de automatización). Este protocolo además admite la creación de redes con cable bifilar o fibra óptica

PROFIBUS DP (Distributed Peripherals). Este protocolo actúa a nivel de campo o célula, constituye la interfaz de usuario para el acoplamiento de dispositivos de campo como sensores, actuadores, etc. Normalizado por los estándares DIN E 19245 T3 e EN-50170, es utilizado especialmente para la transmisión a alta velocidad de mensajes cortos con una velocidad de transmisión de 1,5 Mbit/s considerando la conexión de 32 nodos a 200 m de distancia; el tamaño máximo del mensaje puede ser de 246 bytes de entrada y 246 bytes de salida.

Las comunicaciones se realizan mediante el método de encuesta con un tiempo de ciclo aproximado de 10 ms (dependiendo del número de dispositivos conectados). Tiene una clásica estructura maestro/esclavo con un maestro único o varios maestros, admitiendo hasta un total de 126 dispositivos (maestros o esclavos)

PROFIBUS PA (Process Automation). Este protocolo actúa a nivel de campo y es especialmente utilizado en la automatización de procesos en recintos expuestos a peligros de explosiones así como de procesos químicos donde se deben tener precauciones de explosión e incendio. Está normalizado por el estándar DIN E 19245 T4 y el proceso de transmisión cumple con la norma internacional **IEC 1158-2**¹

Es totalmente compatible con otros segmentos que soporten tanto Profibus PA como Profibus DP, lo cual permite que existan comunicaciones transparentes entre ellos; además es posible dar mantenimiento al bus (conexión/desconexión de dispositivos) sin efectos colaterales

¹ permite la transmisión de datos y alimentación en el mismo cable

INTERBUS.

Este protocolo fue desarrollado en el año 1984 por Phoenix Contact, esta normalizado por el estándar DIN 19258 y tiene una amplia aceptación en todo el mundo pero especialmente en Europa. Su estructura de comunicación es de tipo maestro/esclavo adicionado a un sistema de **suma de tramas** (summation-frame) encargado de enviar todas las respuestas en un solo mensaje

Este protocolo admite la conexión de hasta 256 nodos, con una velocidad de transmisión de 500 kbit/s y distancia de 400 m por segmento de red. El tamaño máximo admisible de mensaje es de 512 bytes de información por nodo

Entre las ventajas que presenta se tienen: la capacidad de autodireccionarse (lo que hace que las puestas en marcha sean muy fáciles), respuesta rápida, uso eficiente del ancho de banda, capacidad de diagnóstico extensivo y alimentación para dispositivos de entrada

El medio físico de transmisión más usado es un anillo sobre cableado RS-485, el cual es utilizado para hacer conexiones punto a punto; este tipo de topología física conlleva a la gran desventaja de este protocolo, la cual consiste en que si existe una conexión fallida, se incapacita toda la red; otra de las desventajas de este protocolo es la limitada capacidad para transferir grandes cantidades de información

Ethernet.

Este protocolo fue desarrollado en 1970 por Xerox y estandarizado en 1978 por Xerox, Intel y DEC (Digital Equipment Corporation), conocido como estándar IEEE 802.3. Es el protocolo de red más reconocido internacionalmente y permite trabajar con grandes cantidades de información a una velocidad muy rápida

El número máximo de nodos que pueden ser conectados es de 1024, pero se puede incrementar con el uso de routers; permite la conexión a una distancia desde 100 m (10BaseT) hasta 50 km (Fibra Óptica) con velocidades de transmisión desde los 10 Mbit/s hasta los 100 Mbit/s

Los mensajes se transmiten mediante el formato peer to peer, teniendo un tamaño de 46 a 1500 bytes; para mensajes con poca información, este protocolo no es eficiente.

Existen diferentes versiones de Ethernet dependiendo de la velocidad de transmisión: 10BaseT (10 Mbit/s), Fast Ethernet (100 Mbit/s), Gigabit Ethernet (1000 Mbit/s, aún en pruebas)

Entre los inconvenientes están que no lleva la alimentación incorporada, los conectores RJ45 son físicamente vulnerables y no posee la propiedad del determinismo, la cual sirve para asegurar las respuestas de la red para cada carga en el bus de campo, es decir, emplea la política del menor esfuerzo (no informa al emisor si su paquete llegó correctamente a su destino)

Ethernet suele trabajar conjuntamente con TCP/IP (Transmisión Control Protocol/Internet Protocol) que consiste en un conjunto de protocolos que funcionan sobre diversos medios físicos, los cuales, pese a no ser propios del modelo OSI, trabajan entre los niveles 3 y 7 de éste modelo. La función de TCP/IP es dividir la información en diferentes paquetes durante la transmisión y reensamblar la información en la recepción

Como Ethernet consiste básicamente en el medio físico y en el método de acceso al medio (CSMA/CD), trabaja en el nivel físico y de enlace en el modelo OSI (nivel 1 y 2), por lo que si se monta TCP/IP sobre Ethernet, se obtiene un sistema de comunicación completo

En un sistema de comunicación automatizado, la red Ethernet se sitúa en el nivel más alto, su aplicación básica es la gestión e información global del sistema y es la encargada de la comunicación entre los dispositivos de gestión central y los autómatas principales, los que a su vez se conectan con los dispositivos de más bajo nivel, logrando así tener acceso a los datos de la planta o proceso

La topología física más usada con Ethernet es la de Bus, en el cual todas las interfaces reciben las transmisiones efectuadas a través del bus, seleccionando los paquetes destinados a ellas y descartando los demás. Dichas interfaces Ethernet poseen una dirección única de 48 bits (dirección MAC), la cual les es asignada al momento de su fabricación

Preámbulo	Destino	Origen	Tipo	Datos	CRC
12 bits	48 bits	48 bits	16 bits	368 – 12000 bits (45 – 1500 bytes)	32 bits

Figura. II.21. Formato de la trama Ethernet

En cada nodo se mantienen unas tablas con las direcciones IP de los nodos conocidos junto a sus direcciones físicas. Para la comunicación en Ethernet se requiere de protocolos a nivel de enlace que permiten traducir direcciones físicas Ethernet a direcciones lógicas IP, esos protocolos son ARP (Address Resolution Protocol) y RARP (Reverse Address Resolution Protocol), en caso de que estos protocolos adicionales no se encuentren disponibles, es necesario implementar un mecanismo estático de conversión

El protocolo ARP es el encargado de traducir direcciones IP a direcciones físicas Ethernet; dado que un nodo conoce la dirección IP de otro y necesita saber su dirección física, dicho nodo envía un mensaje ARP al bus, todos los nodos lo leen pero ya que el mensaje contiene la dirección IP del destino, éste es el único que lo recoge. Luego el nodo destino envía una respuesta al origen en la cual está contenida su dirección física, de esta manera el nodo origen actualiza su tabla interna de traducción ARP

En un método mejorado de actualización de la tabla de traducción ARP, el nodo origen envía en el mensaje su propia dirección física y de esta manera todos los nodos pueden leerla y actualizar a la vez sus respectivas tablas de traducción

El protocolo RARP realiza la traducción de direcciones físicas Ethernet a direcciones IP, para lo cual existe al menos un servidor RARP en la red, el cual recoge la petición de traducción de todos los demás nodos; para mayor seguridad se recomienda tener varios servidores RARP ya que al usar solo un servidor, se corre el riesgo de que el mensaje se pierda por la red

Industrial Ethernet.

Ethernet industrial surge con el objetivo de sustituir los distintos buses de campo existentes por dispositivos de comunicación compatibles con Ethernet, de manera que la misma tecnología LAN que es usada en las oficinas pueda ser aplicada en los niveles de la

jerarquía de control. Para que sea factible dicha sustitución se hace necesaria la utilización de dispositivos Ethernet con características más robustas, con mayor resistencia a temperaturas extremas, ruidos e interferencias, es decir, dispositivos con las características necesarias para ser montados en ambientes industriales

Una de las ventajas que brindan las interfaces Ethernet, es que permiten utilizar simultáneamente varios protocolos distintos, de manera que resulta más fácil la transmisión de datos entre los niveles de producción y de gestión

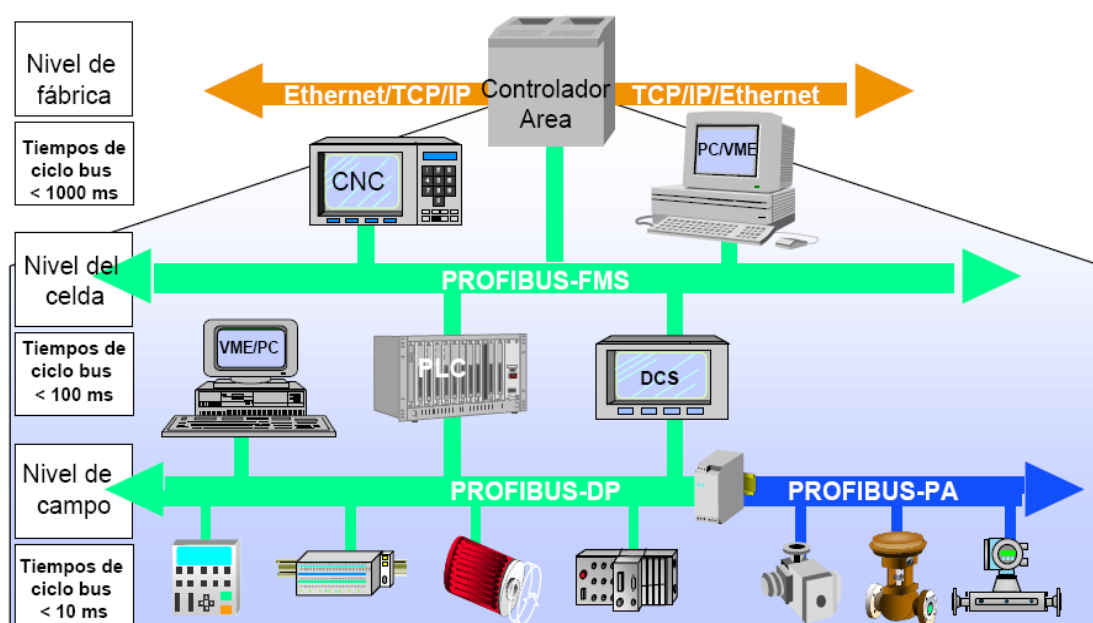


Figura. II.22. Posicionamiento de los buses de campo en la estructura jerárquica de fábrica¹

TIPOS DE INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA

La instrumentación para medición de temperatura es muy variada, existe un sinnúmero de métodos e instrumentos creados para este propósito, así se pueden encontrar instrumentos eléctricos (Termocuplas, Termorresistencias, Termistores, Resistores de carbono, Diodos, Detectores de ruido Johnson, Transistores, Cristales de cuarzo, Sales paramagnéticas), mecánicos (Sistemas de dilatación, Termómetros de vidrio con líquidos, Termómetros bimetalicos), de radiación térmica (Pirómetros de radiación, Óptico, Pasabanda, Relación) entre otros

¹ GORDILLO, Rodolfo, profibuscomplet.pdf, 1, 1, 2008, 32

La selección del sensor más adecuado para cada aplicación es muy importante, es por ello que se deben considerar factores tales como rangos de temperatura, exactitud, velocidad de respuesta, costo y requerimientos de mantenimiento

En la Tabla II.1. se listan los instrumentos de medición de temperatura más utilizados en el campo industrial con sus respectivos rangos de temperatura; dichos rangos no representan los extremos alcanzables sino los límites que pueden medirse con cada dispositivo, pudiéndose medir mayores y menores temperaturas pero a razón de un mayor costo y menor exactitud

SISTEMA	RANGO EN °C
Termocuplas	-200 a 2800
Sistemas de dilatación (capilares o bimetálicos)	-195 a 760
Termorresistencias (RTD's)	-250 a 850
Termistores	-195 a 450
Pirómetros de radiación	-40 a 4000

Tabla. II.1. Sistemas de medición de temperatura más comunes con sus respectivos rangos de temperatura

Termómetro de vidrio

Este tipo de instrumento basa su funcionamiento a los cambios volumétricos de los fluidos producidos por las variaciones de temperatura; consta de un tubo de vidrio hueco con un depósito lleno de un fluido muy sensible volumétricamente a los cambios de temperatura

Se los construye con diferentes fluidos dependiendo del rango de temperatura que se desea medir, ya que dicho rango está limitado por los puntos de ebullición y solidificación del fluido usado. Los fluidos comúnmente utilizados son:

- Mercurio (-35 a 280 °C)
- Mercurio en gas (-35 a 450 °C)
- Pentano (-200 a 20 °C)
- Alcohol (-110 a 50 °C)
- Tolueno (-70 a 100 °C)

Las marcadas desventajas de este instrumento son su fragilidad, que requieren de una posición específica para su correcto funcionamiento y que sus rangos de medición son muy limitados

Termómetros Bimetálicos

Todos los instrumentos de medición de temperatura utilizan algún cambio en un material para indicar la temperatura. Algunos de los efectos que se utilizan para indicar la temperatura son los cambios en las características físicas y variación en las dimensiones físicas. Una de las características físicas más importantes usadas en instrumentos de medida de temperatura es el cambio en la longitud de un material en la forma de expansión y contracción

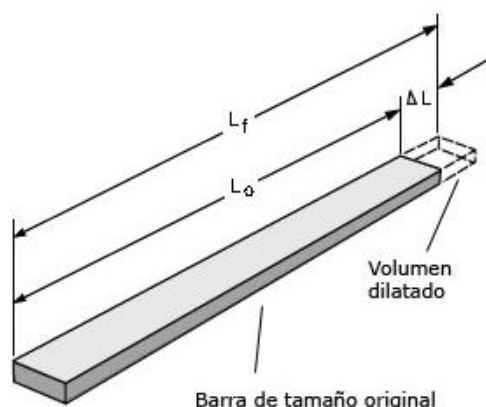


Figura. II.23. Dilatación de una barra homogénea uniforme

Considere la barra homogénea uniforme ilustrada en la Figura II.23. Si la barra tiene una longitud dada (L_0) a una cierta temperatura y es calentada, se expandirá (L_f). La cantidad de expansión o dilatación ΔL es una función de la longitud original y del aumento de temperatura. La cantidad que un material cambia en longitud con la temperatura se llama coeficiente de expansión lineal (también: coeficiente de expansión térmica, coeficiente de dilatación lineal, etc.)

El termómetro bimetálico, consta, como su nombre lo dice, de dos barras metálicas de diferentes metales unidas rígidamente, al ser estos materiales diferentes, tendrán necesariamente, que tener diferentes coeficientes de dilatación lineal. Si dos materiales con diferentes coeficientes de dilatación lineales se colocan juntos, a medida que se producen

cambios de temperatura, sus índices de expansión serán diferentes. Esto hará que el conjunto se doble en un arco como se muestra en la Figura II.24. Mediante este método, funcionan la gran mayoría de los termostatos (interruptores de temperatura) y algunos termómetros indicadores locales



Figura. II.24. Conjunto de dos barras metálicas con coeficientes de dilatación diferentes

En la Figura II.25. se muestra un termómetro bimetalico. En ella, una tira bimetalica se bobina en forma de hélice larga. Un extremo de la hélice se mantiene rígido. Mientras que la temperatura varía, la hélice intenta enrollarse o desenrollarse. Esto hace al extremo libre girar. El extremo libre está conectado con una aguja indicadora. La aguja indica realmente la rotación angular de la hélice; sin embargo, puesto que la rotación es lineal y es función de la temperatura, la escala se marca en unidades de temperatura

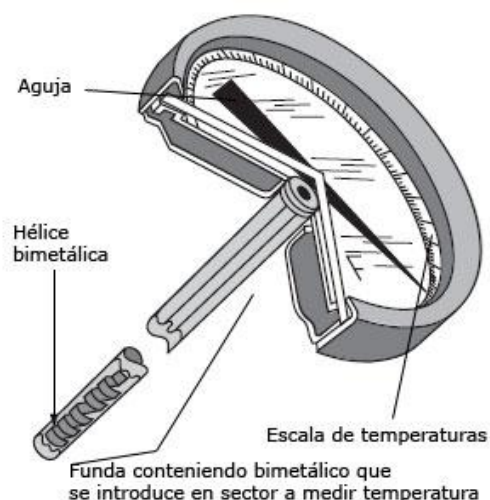


Figura. II.25. Estructura de un Termómetro Bimetalico

Termopares (Termocupla)

El termopar se basa en el principio, que cuando la unión de dos materiales diferentes se encuentra a una temperatura diferente que la del medio ambiente, a través de esos materiales circulará una corriente. El uso de termopares en la industria se ha popularizado, ya que son altamente precisos y muchos más económicos que las termorresistencias

Las termocuplas constituyen hoy en día el sistema de medición de temperatura más usado y de mejor acceso, esta forma de medición abarca el rango de temperaturas requerido para la mayoría de las mediciones exigidas. Termocuplas de diferentes tipos pueden cubrir un rango de 250 °C hasta 2.000 °C y más si fuera necesario

“Si se presenta un gradiente de temperatura en un conductor eléctrico, el flujo de calor creará un movimiento de electrones y con ello se generará una fuerza electromotriz en dicha región. La magnitud y dirección de la FEM será dependientes de la magnitud y dirección del gradiente de temperatura del material que conforma al conductor. Las termocuplas se basan para su funcionamiento en el efecto SEEBEK”

Una termocupla consiste de un par de conductores de diferentes metales o aleaciones. Uno de los extremos, la junta de medición, está colocado en el lugar donde se ha de medir la temperatura. Los dos conductores salen del área de medición y terminan en el otro extremo, la junta de referencia que se mantiene a temperatura constante. Se produce entonces una fuerza electromotriz que es función de la diferencia de temperatura entre las dos juntas

Existen varias reglas a recordar en el empleo de estos sistemas, y son las siguientes:

- a) Para asegurar una operación estable y adecuada termocupla, las características termoeléctricas de conductores deben mantenerse a todo lo largo de los mismos (uniformidad)
- b) Sólo un circuito comprimiendo o simplemente conectando materiales diferentes, en un gradiente de temperaturas producirá una señal. Dos conductores de igual material no producirán FEM alguna
- c) La sensibilidad termoeléctrica de la mayoría de los metales no es lineal con la variación de temperatura

Puesto que la fem neta generada es función de las temperaturas de ambas juntas, se requiere el control o la compensación de la temperatura de la junta de referencia (o junta fría), lo cual se puede lograr de tres maneras distintas:

1. El método básico y más exacto es el de controlar la temperatura de la junta de referencia, normalmente colocando la junta en un baño de hielo (0°C)
2. Otro método consiste en medir la temperatura en la junta de referencia utilizando cualquier tipo de dispositivo de medición de temperatura, y luego, en base a esa temperatura y a la salida eléctrica de la junta de medición compensar la lectura de la temperatura de la junta de medición
3. El tercer método es una compensación eléctrica que también implica la utilización de un dispositivo sensor de temperatura para medir la temperatura de la junta de referencia; sin embargo, en lugar de calcular la compensación a ser aplicada a la salida de la junta de medición, el sensor de temperatura de la junta de referencia se halla incorporado dentro del circuito eléctrico de la termocupla, donde agrega o quita los milivolts necesarios en la junta de referencia a fin de corregir automáticamente la salida de la termocupla

Termorresistencias (RTD)

La termorresistencia trabaja según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura

Las termorresistencias de uso más común se fabrican de alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulados. El elemento encapsulado se inserta luego dentro de una vaina o tubo metálico cerrado en un extremo que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad.

La relación fundamental para su funcionamiento es:

$$R_t = (1 + \alpha \cdot t) \cdot R_o \quad (\text{ec. II.14})$$

Donde:

R_o: resistencia en ohmios a 0 grados Celsius

Rt: resistencia a la temperatura t grados Celsius

α : coeficiente de temperatura de la resistencia.

Los materiales utilizados para los arrollamientos de termorresistencias son fundamentalmente platino, níquel, níquel-hierro, cobre y tungsteno. Como se puede observar, se está suponiendo de antemano, que el material que será usado debe tener un comportamiento lineal, dentro del rango de trabajo asignado. De no ser así, la función debería tener más términos

El método de medición de la temperatura no es directo, ya que lo que se mide es una resistencia mediante un puente de Wheastone, luego se lee el valor de la temperatura correspondiente de tabla de comportamiento de la citada resistencia. Este proceso, en la actualidad, ya está automatizado, gracias a los sistemas de control avanzados y la electrónica digital

El platino encuentra aplicación dentro de un amplio rango de temperaturas y es el material más estable y exacto. En efecto, la relación resistencia temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que la termorresistencia de platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde - 260 °C hasta 630 °C.

Además del hecho de que la termorresistencia de platino está siendo utilizada como estándar internacional, el alambre de platino es el material elegido con más frecuencia para las termorresistencias de uso industrial. Las termorresistencias de platino pueden medir el rango más amplio de temperaturas son las más exactas y estables por no ser fácilmente contaminadas por el medio en que se encuentran, y su relación resistencia - temperatura es más lineal que la de cualquier otro material con la excepción del cobre; Las termorresistencias de platino tienen normalmente un valor de 100 Ohms a 0°C con un intervalo de 38,5 Ohms.

Este tipo de sensores tiene una ventaja fundamental; son sumamente precisos y producen medidas altamente reproducibles. Su construcción permite disponer de ellos como elementos simples, dobles y, en casos muy especiales, hasta triples y pueden hacerse con 2, 3 o 4 cables, según la necesidad del proceso

Termorresistencias disponibles comercialmente.

METAL	RANGO DE OPERACIÓN ° Celsius	PRECISIÓN (grados)
Platino	-200 a 950	0.01
Níquel	-150 a 300	0.50
Cobre	-200 a 120	0.10

Tabla. II.2. Materiales comunes para construcción de RTD's y sus características

Los materiales más comunes y adecuados para la construcción de RTD's son los que se listan en la Tabla II.2.

La termorresistencia Industrial de alambre de platino más ampliamente utilizada se la calibra con una resistencia de 100 ohms a 0 °C,

Las termorresistencias de platino estándar fabricadas comercialmente resultan adecuadas para mediciones en el rango de – 250 °C a 850 °C. En forma aproximada, las tolerancias de fabricación pueden estimarse, para la Clase B. entre 0,8 % y 0,5 %, siendo menores a temperaturas más elevadas.

Las termorresistencias de níquel no están en condiciones de medir temperaturas tan elevadas como lo hacen los sensores de platino. Los límites de alcance para las termorresistencias de níquel están aproximadamente en - 60 °C y 180 °C .Con exactitudes menores que las de platino como se puede observar en la Tabla II.2. Normalmente se calibran a 100 ohms en 0 °C, pudiendo existir otras calibraciones especiales

La principal ventaja del níquel, además de posibilitar termorresistencias más económicas, es su capacidad de ser linealizado suministrando una salida que es lineal con la temperatura con bastante facilidad utilizando un circuito puente. Esta ventaja sin embargo, ya no es tan importante hoy en día cuando la introducción de componentes semiconductores de bajo costo ha hecho posible la linealización de los sensores de platino a un costo comparable al de los sensores de níquel

Las termorresistencias de cobre presentan la más lineal relación resistencia - temperatura entre todas las termorresistencias pero también tienen las desventajas de un rango estrecho de temperatura entre $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una baja resistividad. La baja resistividad implica la necesidad de usar alambres finos de poco diámetro

La demanda de termorresistencias de níquel y cobre en las industrias de proceso se halla limitada básicamente al reemplazo de unidades existentes puesto que la gran mayoría de las nuevas instalaciones de termorresistencias se hacen con sensores de platino de 100 ohms a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Las termorresistencias de tungsteno no han encontrado una utilización amplia puesto que el tungsteno ha probado ser menos estable que otros materiales. Sin embargo, su mayor resistencia mecánica permite emplear alambres extremadamente finos, lográndose de esta manera termorresistencias de elevada resistencia eléctrica

Para una termorresistencia de platino de 100 ohms a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, la variación de resistencia promedio para una variación de temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ es de 0,385 ohm; un circuito de medición con una fuente de corriente de 1 mA, registraría 38,5 mV para cada $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ de variación de temperatura. Este valor de tensión es diez veces mayor que la salida de una termocupla Tipo K, y esto explica por qué los alambres de conexión de termorresistencias resultan menos susceptibles de sufrir interferencias provenientes de la cercanía de equipos eléctricos y líneas de potencia. Sin embargo una buena instalación requiere cables de conexión blindados tanto para termocuplas como para termorresistencias

Ventajas y Desventajas de las RTD's.

Entre las ventajas que brindan las RTD's se pueden acotar:

- Alta Precisión
- Mejor Linealidad
- Mejor Estabilidad
- No requiere compensación por junta fría
- Los hilos no requieren especial extensión

Por otra parte, las desventajas que presentan son:

- El límite de temperatura máxima es el más bajo
- El tiempo de respuesta sin el termopozo es bajo (el tiempo de respuesta es esencialmente equivalente cuando cualquier tipo de sensor es montado sin el termopozo)

Pirómetro de Radiación

Existen casos donde no es posible tomar, por contacto directo con el proceso, la temperatura que sea necesaria para evaluar un proceso

Uno de los instrumentos de no contacto más común, es el pirómetro de radiación. Se fundamenta en el principio que dice que la intensidad de la energía radiante emitida por la superficie de un cuerpo, aumenta proporcionalmente a la cuarta potencia de la temperatura del cuerpo. En términos funcionales:

$$W = K * T^4 \quad (\text{ec. II.15})$$

Los pirómetros ópticos son un juego de lentes de diferentes colores de acuerdo a las tonalidades que toma determinado material a diferentes rangos de temperatura.

El pirómetro de radiación consta de una serie de termocuplas en serie con un lente que hace convergir el haz de radiación hacia esas termocuplas. De esta forma, la radiación captada a cierta distancia del medio, es amplificada y calculada con bastante precisión

La medición de temperatura sin contacto es altamente necesaria cuando estamos hablando de procesos donde las temperaturas son tan elevadas que el elemento primario podría hundirse o no trabajar ($t > 1500$ grados centígrados), como por ejemplo: fundiciones, estudios científicos, reactores nucleares, etc.

Termistores

Compuesto de una mezcla sintetizada de óxidos metálicos, el termistor es esencialmente un semiconductor que se comporta como un resistor térmico con un coeficiente térmico de temperatura negativo de valor muy elevado

Los termistores también se pueden encontrar en el mercado con la denominación NTC (Negative Temperature Coefficient) habiendo casos especiales de coeficiente positivo cuando su resistencia aumenta con la temperatura y se los denomina PTC (Positive Temperature Coefficient)

En algunos casos, la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada 1 °C de aumento de temperatura. Esta elevada sensibilidad a variaciones de temperatura hace que el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, utilizándose ampliamente para aplicaciones de control y compensación en el rango de 150 °C a 450 °C

Los metales utilizados para su construcción son: níquel, cobalto, manganeso, hierro, cobre, magnesio y titanio, como típicas se pueden considerar las preparaciones de óxido de manganeso con cobre y óxido de níquel con cobre. Modificando las proporciones de óxido se puede variar la resistencia básica un termistor; se dispone de termistores con resistencias básicas a 25 °C desde unos pocos cientos hasta varios millones de ohms

Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos. A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar

Se los puede adosar fácilmente o montar con tornillos, ir roscados en superficies o cementados. Los alojamientos pueden ser de acero inoxidable, aluminio, plástico, bronce u otros materiales

Las configuraciones constructivas del termistor de uso más común son los glóbulos, las sondas y los discos. Los glóbulos se fabrican formando pequeños elipsoides de material de termistor sobre dos alambres finos separados unos 0,2. Normalmente recubiertos con vidrio por razones de protección, son extremadamente pequeños (0,15 mm a 1,3 mm de diámetro) y ofrecen una respuesta extremadamente rápida a variaciones de temperatura

En comparación con las termocuplas y las termorresistencias, el termistor no ofrece ventajas de exactitud de salida y estabilidad. Posiblemente, una ventaja importante esté en la extremadamente elevada sensibilidad del termistor a variaciones de temperatura

Los termistores NTC poseen elevadas resistencias a baja temperatura, pero sus resistencias disminuyen exponencialmente a medida que crece la temperatura. Por el contrario, las resistencias de los metales como ser platino, níquel y cobre aumentan linealmente con la temperatura

Los termistores no sirven para la medición de temperatura dentro de alcances amplios puesto que sus variaciones de resistencia son demasiado grandes para que puedan medirse de una manera adecuada con un solo instrumento; alcances de alrededor de 100k suelen ser lo máximo admisible

Los termistores resultan particularmente útiles para medir alcances reducidos de temperatura justamente a causa de sus grandes variaciones de resistencia; por ejemplo, la resistencia de un termistor típico varía 156 ohms de 0 °C a 1 °C, mientras la del platino varía tan sólo 0,385 ohm

La elevada resistencia de los termistores no sólo hace aumentar la sensibilidad, posibilitando la medición de alcances reducidos de temperatura, sino también permite la conexión bifilar. La resistencia del alambre de conexión y los efectos de la temperatura ambiente son despreciables si se los compara con la resistencia del termistor y las variaciones de resistencia

La estabilidad del termistor es una de las características que están bajo estudio. Recientemente se ha desarrollado una técnica de deposición electrónica de radiofrecuencia que produce sensores de SiC de película delgada adecuados para temperaturas entre 100 °C y 450 °C, y se dicen que sufren un cambio de resistencia menor del 3% luego de 2.000 horas a 400 °C

La linealidad es otra área donde se registran importantes avances. Actualmente se está fabricando un termistor que puede mantenerse lineal dentro de 0,5 °C desde 65 °C hasta 200 °C. La especificación es estrictamente válida sólo para potencia cero, puesto que

los problemas de disipación de calor interfieren con el de desempeño, pero el fabricante sostiene que los errores son mínimos

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

INTRODUCCIÓN

El Poliducto Shushufindi - Quito, originalmente fue diseñado en 1979 como un gasoducto cuya función era transportar el Gas Licuado de Petróleo (GLP); funciona mediante el suministro de energía del sistema interconectado entregado por la Empresa Eléctrica Quito S. A. y adicionalmente dispone de un sistema de generación de energía eléctrica propio, el cual entra a trabajar en caso de desabastecimiento del flujo eléctrico

El único cambio que ha sufrido la estructura del sistema de generación como tal desde su implementación inicial ha sido la inclusión del armario de transferencia automática de energía, encargado de realizar la conmutación entre la energía suministrada por la Empresa Eléctrica Quito S. A. y la energía entregada por el sistema de generación, cuando sea necesario

Es así que la planta mantiene casi en su totalidad las características de diseño iniciales, lo cual resulta algo beneficioso dado que al momento de trabajar con dicha planta, será necesario únicamente tomar como base los planos y especificaciones originales brindados por los fabricantes al momento de su instalación

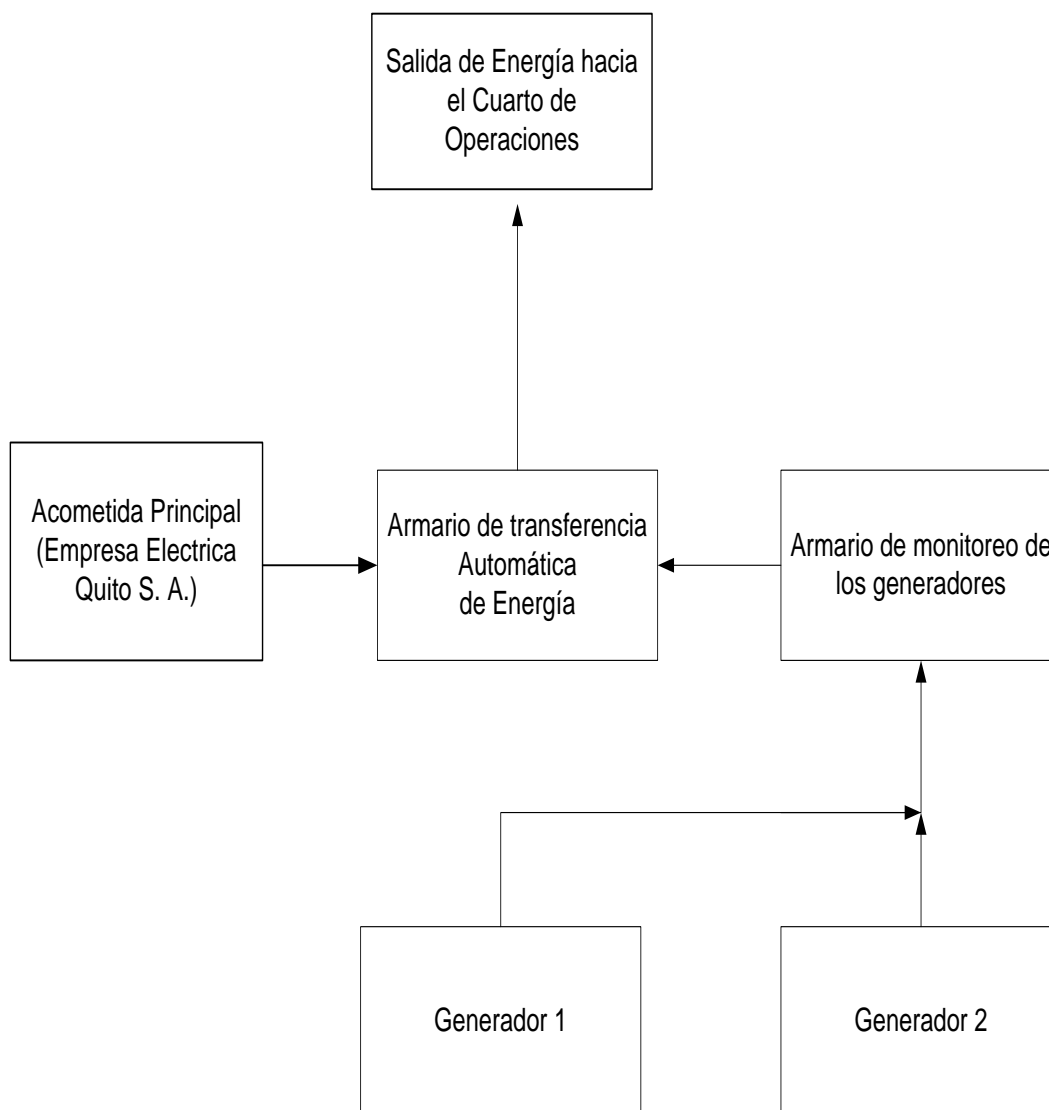
ESTRUCTURA

Figura. III.1. Diagrama en bloques de la estructura de la Planta

El sistema de generación de energía eléctrica consta de dos generadores idénticos de marca AEG tipo DKBH, los mismos que se encuentran ubicados en el espacio externo al cuarto de operaciones, conocido como el cuarto de máquinas, que es un área con cubierta para proteger a los generadores y demás maquinaria; en dicha área además se encuentran ubicados los armarios de transferencia automática de energía y de monitoreo de los generadores, los cuales serán descritos más adelante, así como los compresores de aire, los cuales no serán tomados muy en cuenta dado que no tienen inferencia alguna con la generación de energía eléctrica



Figura. III.2. Cuarto de máquinas



Figura. III.3. Ubicación de los generadores Estación OSAYACU

En la parte lateral izquierda de los generadores se encuentra el sistema de baterías, las cuales dan la corriente para el arranque inicial de los generadores, así como también la caja que contiene al regulador de tensión; en la parte superior de la Figura III.4. se observa

el escape y a poca distancia del carburador se tiene una perilla la cual permite corregir errores en la frecuencia de la energía generada



Figura. III.4. Vista lateral izquierda del generador



Figura. III.5. Vista lateral derecha del generador

En la parte lateral derecha de los generadores (Figura III.5.), se encuentra el conjunto de control y monitoreo del generador así como también los sensores de presión y temperatura; además se puede observar el calentador del agua de refrigeración que se ubica en la parte inferior

En el conjunto de control y monitoreo se pueden distinguir dos partes: el tablero principal (derecha), donde se encuentran los distintos botones para comandar el funcionamiento del generador, los indicadores luminosos de alarmas y el switch de selección de modo de funcionamiento, y el tablero de monitoreo (izquierda), donde están ubicados los distintos indicadores análogos encargados de mostrar el valor de las variables más importantes del generador

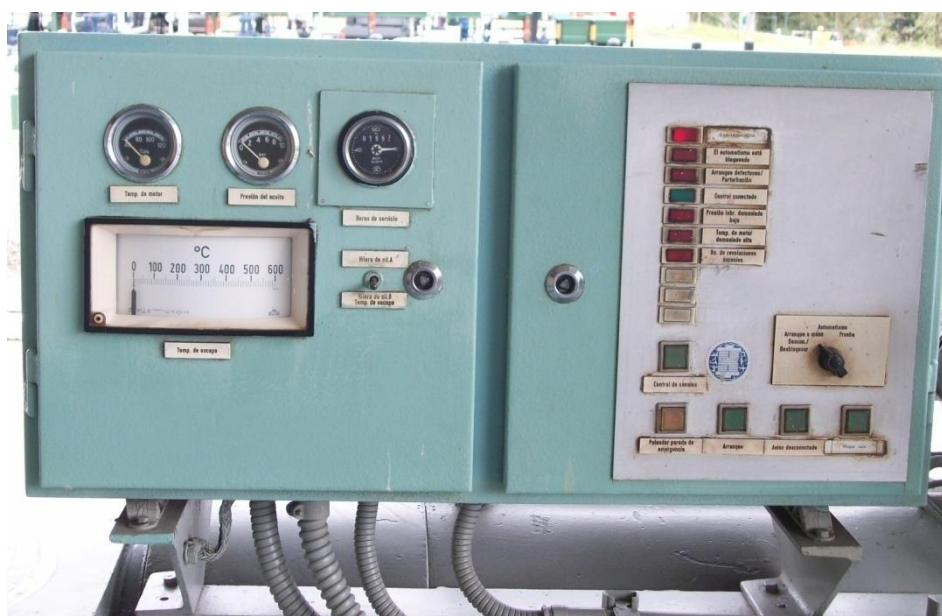


Figura. III.6. Conjunto de control y monitoreo

Adicionalmente en el cuarto de máquinas se encuentran ubicados los armarios de transferencia automática de energía y de monitoreo de los generadores

En el armario de transferencia automática de energía se establece mediante switches y pulsadores la prioridad de funcionamiento de los generadores, es decir, se selecciona al que este en óptimas condiciones o que no se encuentre en mantenimiento para entrar en funcionamiento, y es el encargado de realizar la conmutación automática de los elementos para que la energía eléctrica que pase al cuarto de operaciones sea la proveniente del

suministro de la Empresa Eléctrica Quito S. A. o la proveniente del sistema de generadores, además en dicho armario se encuentran los indicadores de voltaje y corriente del generador en funcionamiento (para cada fase mediante selección)



Figura. III.7. Armario de transferencia automática de energía (exterior)

En el interior del armario de transferencia automática de energía (Figura III.7.) se encuentran las barras trifásicas que reciben la energía proveniente del suministro de la Empresa Eléctrica Quito S. A., relés, contactores, PLC y demás elementos que componen el sistema de transferencia automática de energía, encargado de monitorear el estado de la energía suministrada por la Empresa Eléctrica Quito S. A. y, en el caso de que éste no sea

el adecuado o no esté dentro del límite permisible para el óptimo funcionamiento de los procesos de la estación, realizar la conmutación de manera que todos los elementos queden dispuestos para poner en marcha el sistema de generación interno, y en caso de que el suministro de la Empresa Eléctrica Quito S. A. vuelva a ser el adecuado, realiza la conmutación inversa

El armario de monitoreo de los generadores es el encargado de mostrar el comportamiento de los generadores cuando estos entran en operación, es decir, allí se encuentran los indicadores de voltaje, frecuencia y corriente que están generando, en él también se encuentran los ajustadores externos del los reguladores de tensión, que no son más que un par de reóstatos encargados de corregir pequeños errores en el sistema de regulación de cada generador

Bajo éste armario está construida la acometida principal que transmite la energía eléctrica desde el cuarto de máquinas hacia el cuarto de operaciones



Figura. III.8. Armario de monitoreo de los generadores

FUNCIONAMIENTO

El sistema de generación de energía eléctrica se pone en marcha una vez que en el armario de transferencia de energía se ha detectado una disminución drástica o falla en el suministro de energía proporcionado por la Empresa Eléctrica Quito S. A.

Dada dicha situación, se realiza automáticamente la conmutación de manera que todos los elementos estén listos para la puesta en marcha del generador seleccionado como principal mediante el switch de selección ubicado en el armario de transferencia de energía; una vez se haya realizada la conmutación, es necesario el accionamiento manual del generador

Una vez ejecutados los controles, se puede proceder a la puesta en servicio, tomando velocidad, el generador se excita hasta llegar a la tensión nominal, con eso, el generador esta en condición de servicio y puede tomar carga

El generador va ajustándose a la tensión nominal, si el dispositivo de ajuste se encuentra correctamente sujetado mediante el mecanismo de sujeción, sin que se haya hecho reajustes posteriores, el generador se excita siempre a la tensión nominal, cuando se le pone en marcha

La tensión trifásica del generador se toma en los bornes principales U, V, W mientras que la corriente monofásica se toma de cualesquiera de dichos bornes principales; dicha tensión trifásica es suministrada al regulador de tensión para que éste tome las acciones correctivas de manera que se consiga la energía eléctrica lista para ser entregada a la red; una vez que se haya comprobado que los valores de voltaje, corriente y frecuencia son los apropiados en el armario de monitoreo de los generadores, se realiza la conexión para que la red sea alimentada por la energía eléctrica entregada por el sistema de generación interno

Para mayor información sobre las características y funcionamiento de la planta, referirse al ANEXO 1

Los datos de servicio de la planta pueden ser consultados en el ANEXO 2

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO ACTUAL

INTRODUCCIÓN

Dada la antigüedad del sistema de generación de energía eléctrica, que fue implementado hace más de 30 años, los sistemas de control y monitoreo que rigen el funcionamiento de los generadores están basados en la lógica de relés y contactores, así como el empleo de tarjetas inteligentes

De esto se deriva que existan una gran cantidad de elementos interactuando para realizar sencillas tareas de monitoreo (como encendido de alarmas luminosas y sonoras) y de control (como el encendido/apagado del calentador del agua de refrigeración y la conexión/desconexión del motor de arranque y cargador de baterías), de manera que la confiabilidad y eficiencia se ven comprometidas, ya que a mayor cantidad de componentes existe un mayor riesgo de fallas

La más importante problemática que presenta este sistema de control y monitoreo radica en que debido a que como las tarjetas de control, los registradores, monitores, sistemas de alarma, etc., son de una tecnología de hace más de 30 años, sus repuestos ya no los fabrican o sencillamente los hacen bajo pedido, resultando por consiguiente difícil su obtención, lo cual en algunos casos ha conllevado a que, de presentarse un mal funcionamiento o falla de algún elemento, se tenga que improvisar y adaptar componentes al sistema

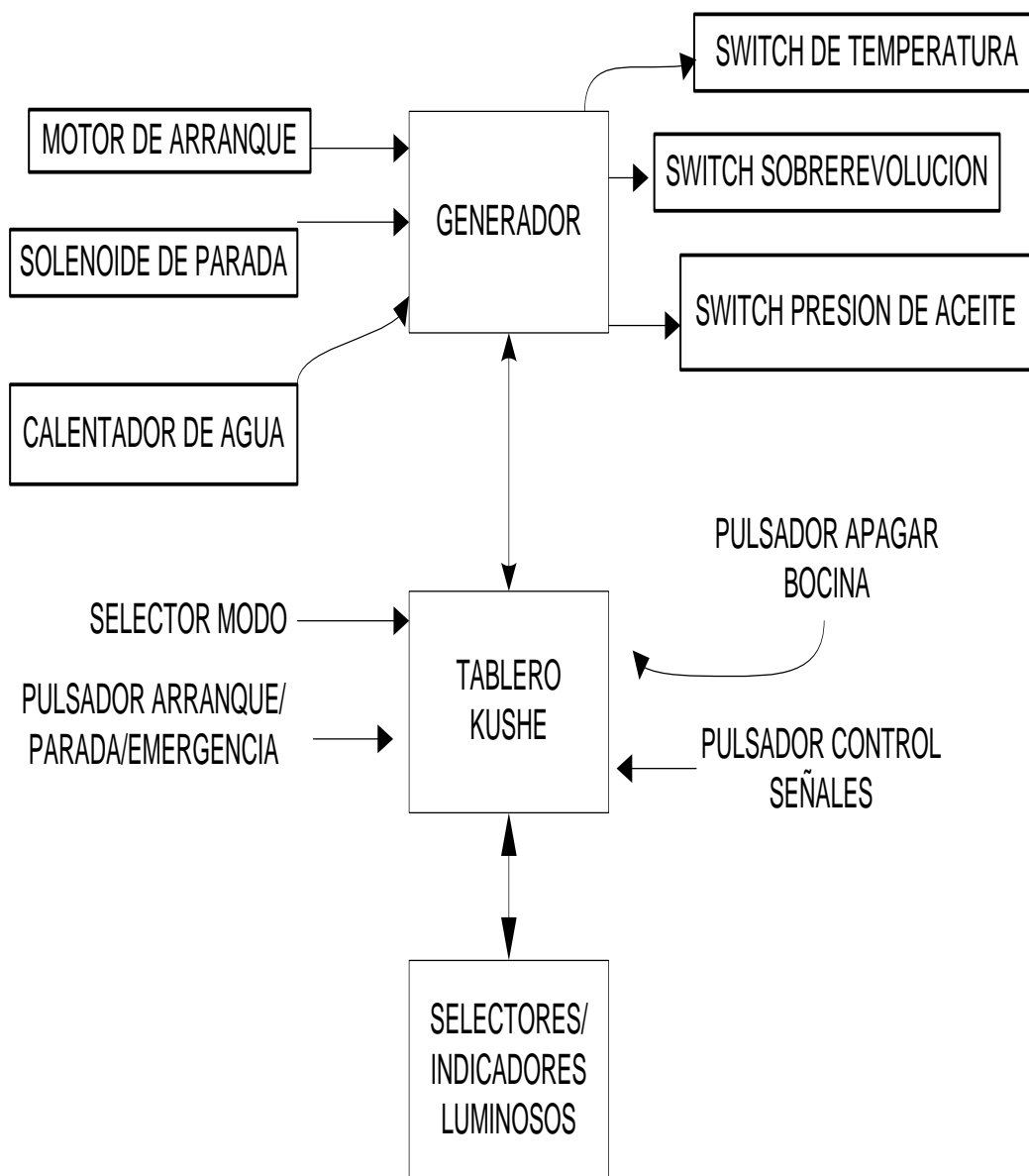
ESTRUCTURA

Figura IV.1. Diagrama en bloques de la estructura del sistema de generación de Energía Eléctrica

Cada generador cuenta con conjunto de control y monitoreo compuesto por el tablero principal y el tablero de monitoreo, en su interior se pueden apreciar los elementos que comandan el funcionamiento del generador y de las distintas alarmas e indicadores, lo que viene a constituir el sistema de control y monitoreo actual del sistema de generación de energía eléctrica



Figura. IV.2. Conjunto de control y monitoreo

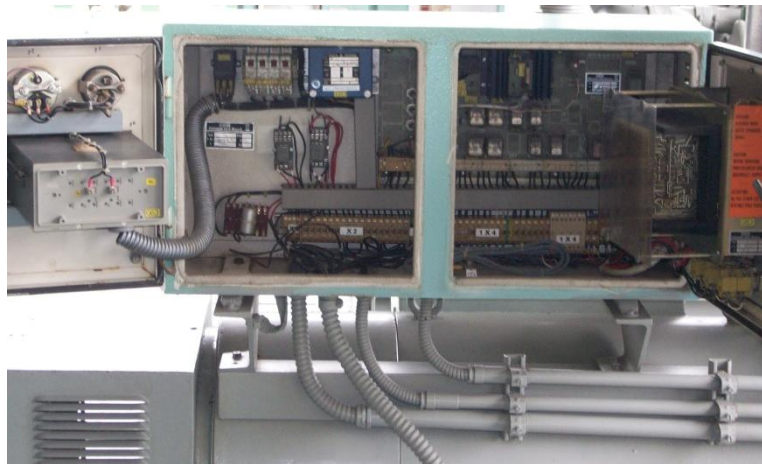


Figura. IV.3. Interior del conjunto de control y monitoreo

En el tablero principal se encuentra el bloque de pulsadores para el funcionamiento del generador, un bloque de alarmas luminosas y un switch de selección de modo de funcionamiento, elementos que se describen a continuación:

Pulsadores

- **Control de Señales.** Sirve para comprobar el correcto funcionamiento del bloque de alarmas luminosas, al momento de su accionamiento se encienden dichas alarmas, en caso de que alguna no encienda, se debe comprobar el estado de la alarma luminosa y de la tarjeta que lo comanda, fabricación Schlegel, tipo QJETm, verde.

- **Parada de emergencia.** Sirve para detener por completo el funcionamiento del generador en caso de emergencia, fabricación Schlegel, tipo QJET2m, rojo.
- **Arranque.** Sirve para poner en marcha al generador, fabricación Schlegel, tipo QJET/097 m, verde
- **Aviso desconectado.** Sirve para enviar una señal de aviso de que el generador se encuentra desconectado o fuera de servicio, fabricación Sasse, tipo 1109 ws/verde -12 B5.
- **Apagar bocina.** Sirve para apagar la bocina después de reconocida y/o solucionada cualquier falla en el sistema

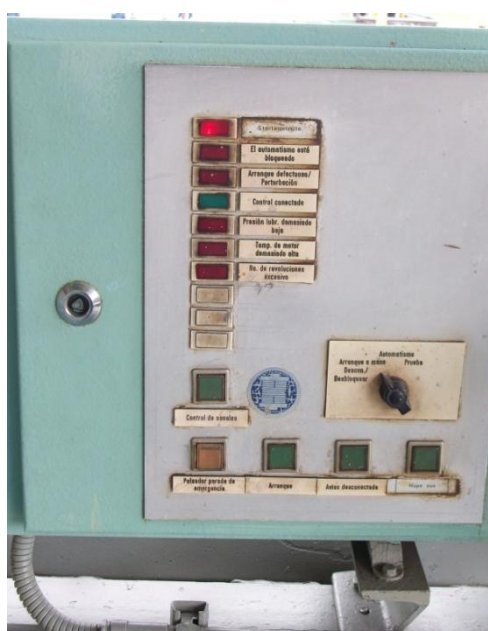


Figura. IV.4. Tablero principal

Switch de selección de modo de funcionamiento

Sirve para seleccionar el modo de funcionamiento del generador, fabricación SEL, tipo SB 40 6123e-21 A-4, teniendo las siguientes opciones:

- **Desbloquear.** Para desbloquear al generador en caso de que se haya dado una emergencia y el sistema bloquee al generador
- **Arranque a mano.** Funcionamiento normal del generador, al estar en arranque manual, el generador está listo para entrar en funcionamiento cuando se presione el pulsador de arranque

- **Automatismo.** Funcionamiento automático del generador, con funciones limitadas y requiriendo siempre las activaciones y correcciones manuales
- **Prueba.** Para realizar algunas pruebas básicas de funcionamiento del generador, al estar en modo prueba, se desactivan algunas opciones y controles



Figura. IV.5. Bloque de pulsadores y switch de selección de modo

Alarmas Luminosas

Indican el estado de las variables de interés y del generador, fabricación Sasse, tipo 1109 ws/ (rojo o verde) – 12 B5, así se tiene las siguientes:

- Funcionamiento
- El automatismo está bloqueado
- Arranque defectuoso/Perturbación
- Control conectado
- Presión lubricante demasiado baja
- Temperatura del motor demasiado alta
- Número de revoluciones excesivo

Las alarmas luminosas son comandadas mediante tarjetas inteligentes, las cuales reciben las señales de los sensores y mediante complejos circuitos de monitoreo las procesan para determinar su estado y encender o apagar las respectivas alarmas



Figura. IV.6. Bloque de alarmas luminosas

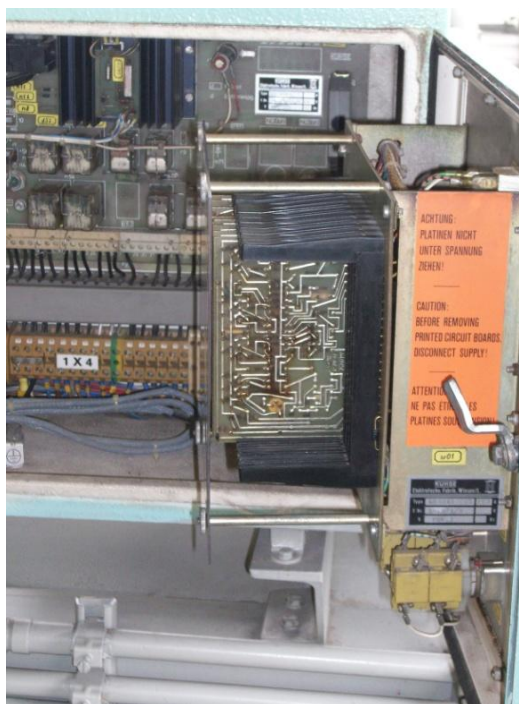


Figura. IV.7. Tarjetas inteligentes para alarmas luminosas

En el tablero de monitoreo se encuentran los siguientes indicadores:

- Temperatura del motor, es una RTD, la cual opera en un rango de 0 a 120°C.

- Presión de aceite, es un sensor de 10-180ohms, el rango de funcionamiento es de 0 a 10 Bar.
- Temperatura del escape (con un switch adicional que permite seleccionar si se indica la temperatura de la hilera A o B), el sensor es una termocupla tipo K el rango que oscila es entre 0°C y 400°C
- Horómetro indicador de las horas de servicio



Figura. IV.8. Tablero de indicadores analógicos

Dentro del sistema de control y monitoreo actual también se encuentra el armario de monitoreo de los generadores, en el cual están ubicados los siguientes indicadores y elementos:

- Indicador de Frecuencia Generador1
- Indicador de Frecuencia Generador2
- Indicador de Voltaje generado Generador1 (fase u, v o w según selección)
- Indicador de Voltaje generado Generador2 (fase u, v o w según selección)
- Indicador de Corriente Fase U (generador en funcionamiento)
- Indicador de Corriente Fase V (generador en funcionamiento)
- Indicador de Corriente Fase W (generador en funcionamiento)
- Selector de fase para indicador de voltaje del Generador1

- Selector de fase para indicador de voltaje del Generador2
- Ajustador externo del regulador de tensión del Generador1
- Ajustador externo del regulador de tensión del Generador2

En el interior del armario de monitoreo de los generadores se encuentran los diferentes elementos de control como contactores, relés temporizados, sistemas de protección de energía y las barras de energía trifásica de cada generador

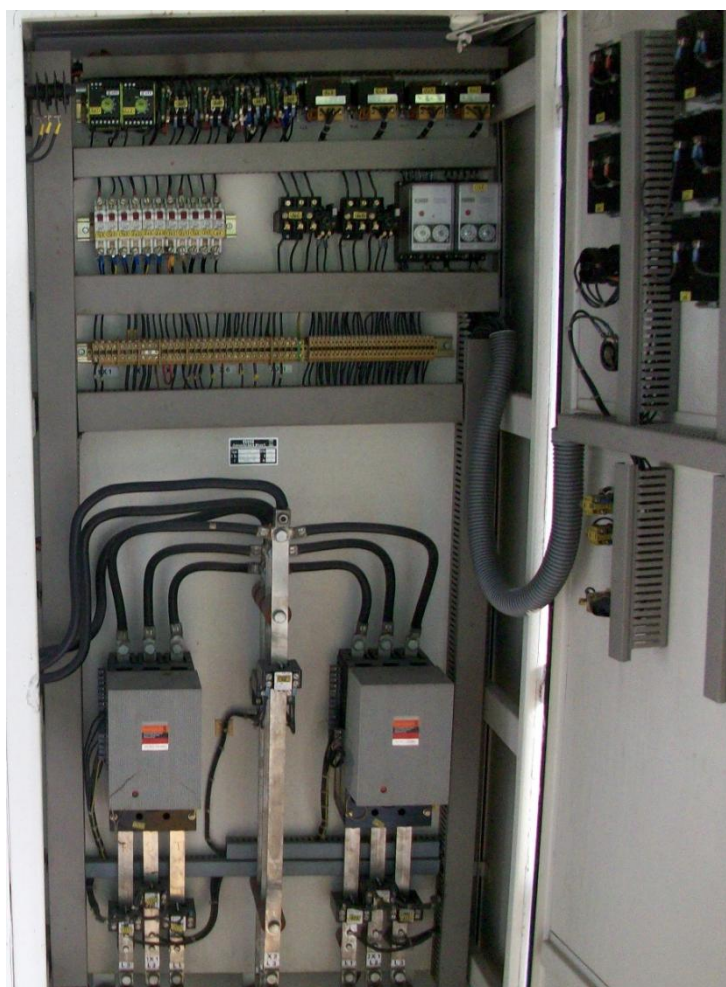


Figura. IV.9. Armario de monitoreo de los generadores (interior)

Pese a que el armario de transferencia automática de energía no constituye una parte del sistema de control y monitoreo de los generadores, debe ser tomado en cuenta ya que en él también se encuentran indicadores del estado de dicho sistema y además dentro del presente proyecto se pretende realizar la modernización del sistema de transferencia de energía actual; entre los elementos para control y monitoreo de los generadores tenemos:

- Indicador de Voltaje generado del Generador en funcionamiento (fase u, v o w según selección)
- Indicador de Corriente generada del Generador en funcionamiento (fase u, v o w según selección)
- Selector de fase para Indicador de voltaje del Generador en funcionamiento
- Selector de fase para Indicador de corriente del Generador en funcionamiento

Entre los elementos que se encuentran en el armario de transferencia automática de energía se tienen:

- Selector de modo de transferencia (Manual/Automático)
- Selector de Generador
- Indicador luminoso de Voltaje Normal de RED
- Indicador luminoso de Voltaje Normal de Generador 1
- Indicador luminoso de Voltaje Normal de Generador 2
- Indicador luminoso de Voltaje Falla de RED
- Indicador luminoso de Voltaje Falla de Generador 1
- Indicador luminoso de Voltaje Falla de Generador 2
- Botonera doble para Arranque/Paro del Generador 1
- Botonera doble para Arranque/Paro del Generador 2
- Indicador luminoso de Disyuntor Red Cerrado
- Indicador luminoso de Disyuntor Generador 1 Cerrado
- Indicador luminoso de Disyuntor Generador 2 Cerrado
- Indicador luminoso de Disyuntor Red Abierto
- Indicador luminoso de Disyuntor Generador 1 Abierto
- Indicador luminoso de Disyuntor Generador 2 Abierto
- Selector de Disyuntor de Red (ON/OFF)
- Selector de Disyuntor de Generador 1 (ON/OFF)
- Selector de Disyuntor de Generador 2 (ON/OFF)

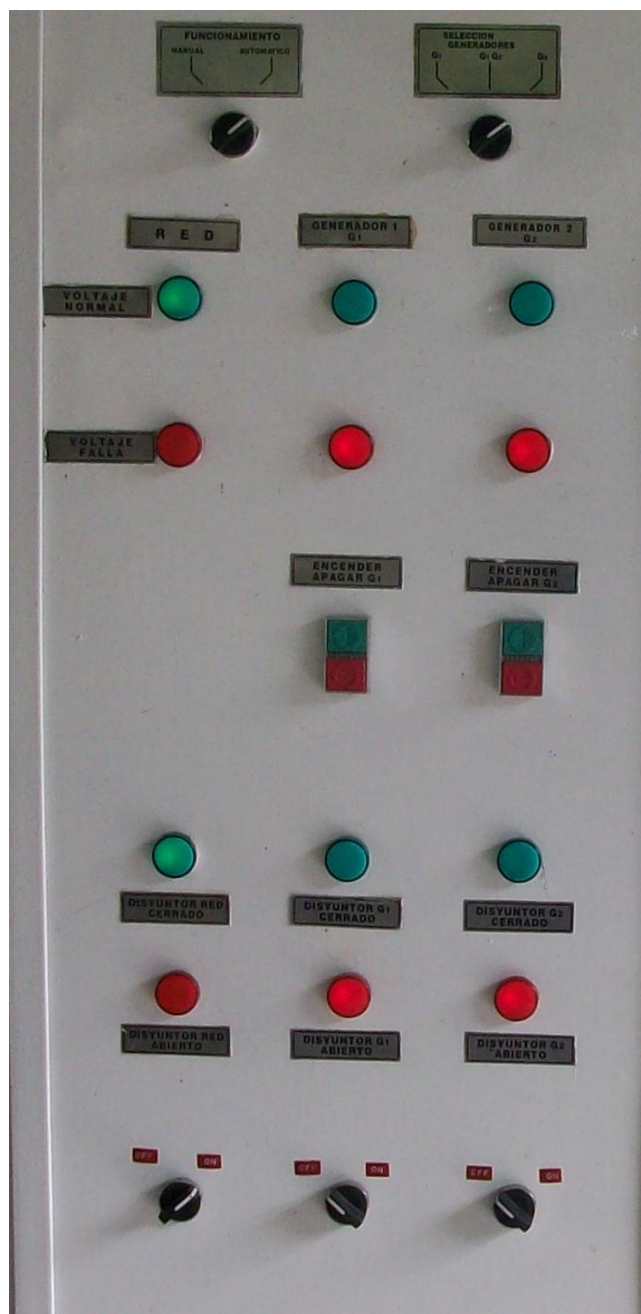


Figura. IV.10. Armario de transferencia automática de energía

El sistema de Regulación de Tensión está constituido por un regulador de la marca AEG tipo TR5D, el cual se encarga de recibir la energía eléctrica entregada por el generador y dar a su salida la energía eléctrica lista para ser conectada a la red, es decir, regulada a 480 Vac

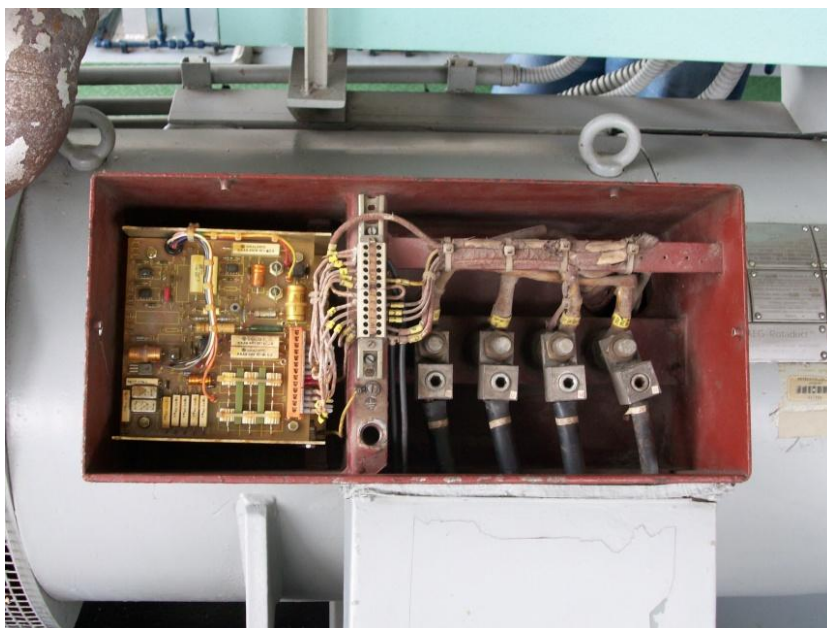


Figura. IV.11. Regulador de tensión montado

FUNCIONAMIENTO

El sistema de control y monitoreo actual funciona a base de la lógica de relés y contactores, requiere una interacción manual de los operadores para su puesta en marcha y desbloqueo en caso de paradas por malfuncionamiento. Se encuentra implementado totalmente en el espacio del cuarto de máquinas y cualquier revisión, mantenimiento o registro de datos se debe realizar a pie de planta

Dispositivos que constituyen el sistema de control y monitoreo actual

La disposición de los distintos elementos (sensores y actuadores) que conforman el sistema de control y monitoreo actual, así como la conexión de ellos en sus respectivas borneras y regletas, pueden ser consultados refiriéndose al ANEXO 3 (Hoja 1/4)

Como elementos de entradas del sistema de control y monitoreo se tiene lo siguiente:

- Pulsador de Control de señales
- Pulsador de Parada de emergencia
- Pulsador de Inicio/Arranque
- Pulsador de Aviso desconectado
- Pulsador de Apagar bocina
- Termostato

- Switch de presión (NC)
- Switch de temperatura (NO)
- Selector de temperatura del escape (serie A/B)
- Selector de Modo de funcionamiento (Prueba/Automatismo/Manual/Desbloquear)
- Selector de fase para indicador de voltaje del Generador1 (Armario de monitoreo de los generadores)
- Selector de fase para indicador de voltaje del Generador2 (Armario de monitoreo de los generadores)
- Selector de fase para Indicador de voltaje del Generador en funcionamiento (Armario de transferencia automática de energía)
- Selector de fase para Indicador de corriente del Generador en funcionamiento (Armario de transferencia automática de energía)
- Termojunta de Temperatura del escape serie A
- Termojunta de Temperatura del escape serie B
- Generador tacométrico
- PT de Presión de Aceite
- RTD de Temperatura del motor

En cuanto a las salidas se tienen las siguientes:

- Contacto de conexión a Motor de arranque
- Contacto de conexión a Alternador (cargador de baterías)
- Contacto de conexión a Alarma sonora
- Contacto de conexión a Calentador de agua de refrigeración
- Contacto de conexión a Solenoide de parada
- Contacto de conexión a Horómetro
- Señal discreta de Funcionamiento
- Señal discreta de El Automatismo está bloqueado
- Señal discreta de Arranque defectuoso/Perturbación
- Señal discreta de Presión lubricante demasiado baja, la cual se alarma a 15 PSI
- Señal discreta de Temperatura del motor demasiado alta, se activa cuando la temperatura excede los 85°C
- Señal discreta de Número de revoluciones excesivo, mayor a 1800 RPM

- Señal hacia el Indicador de Temperatura del escape, alarmado en temperatura mayor a 400°C, hacia dicho indicador llega la señal enviada por la termocupla (de la serie A y de la serie B, la elección de cuál de las temperaturas se desea mostrar en el indicador se la realiza mediante un selector de dos posiciones
- Señal hacia el Indicador de Frecuencia de la energía
- Señal hacia el Indicador de Voltaje generado (Fase U), oscila entre 0 y 500VAC
- Señal hacia el Indicador de Voltaje generado (Fase V), oscila entre 0 y 500VAC
- Señal hacia el Indicador de Voltaje generado (Fase W), oscila entre 0 y 500VAC
- Señal hacia el Indicador de Corriente generada (Fase U)
- Señal hacia el Indicador de Corriente generada (Fase V)
- Señal hacia el Indicador de Corriente generada (Fase W)

Sistema de control

El sistema de control se encarga exclusivamente de comandar la conexión o desconexión de los distintos actuadores, entre los que se tiene:

- Motor de arranque
- Alternador (cargador de baterías)
- Alarma sonora
- Calentador de agua de refrigeración
- Solenoide de parada
- Horómetro

Para consultas sobre los elementos y conexiones referirse al ANEXO 3 (Hoja 2/4 – 4/4). Internamente dicho sistema de control cuenta con una fuente de alimentación constante (u011), la cual se encarga de alimentar todos los elementos de control del sistema

Al presionar el pulsador de Arranque, se activa el relé d81, con lo cual se envía una señal a través del terminal 13¹. Luego se envía una señal de activación por el terminal 17, de esta manera se activan los relés d31 y d3, con lo que se pone en marcha el Motor de arranque; en este punto, si el termostato indica que la temperatura del agua de refrigeración

¹ Los terminales mencionados corresponden a la Unión de enchufe hacia KEA

no es la adecuada, se activa el relé d8, el cual activa al contactor c1 y de esa manera se pone en funcionamiento el Calentador de agua de refrigeración (el calentador de agua de refrigeración se energiza con la Tensión Auxiliar), hasta que el termostato indique que la temperatura es la correcta y abra su contacto o hasta que se ponga en marcha el generador

Una vez haya arrancado el generador y por ende el alternador se encuentre funcionando, se activa el relé d61, con lo cual se desactivan los relés d3 y d8, desconectando el Motor de arranque y el Calentador de agua de refrigeración, se pone en marcha el Horómetro y se activa el relé d52 que es parte del sistema que indica el bloqueo del generador en caso de malfuncionamiento

Por medio del terminal 18, se envía la tensión generada por el Alternador hacia las baterías para cargarlas. Si existe mal funcionamiento o falla, el generador envía una señal por el terminal 20, activando el relé d4, el cual a su vez, activa el relé d2 energizando la Solenoide de parada y deteniendo el funcionamiento del generador. Adicionalmente el generador envía otra señal por el terminal 7, con lo que se activa el relé d1, cerrando el circuito de conexión de la Alarma sonora y activándola

Una vez solucionadas las fallas, en caso de producirse, se desbloquea al generador por medio del switch de selección de modo de funcionamiento, en la posición Desbloquear: para apagar la alarma sonora se presiona el pulsador Apagar bocina en el tablero principal

En caso de una emergencia, para detener el funcionamiento del generador se debe presionar el pulsador Parada de emergencia en el tablero principal, de ésta manera, todo el sistema queda fuera de servicio

El pulsador Aviso desconectado ubicado en el tablero principal, sirve para enviar una señal de aviso de que el sistema está fuera de servicio o en mantenimiento, por lo cual no puede entrar en funcionamiento

Generación de señales para el monitoreo de alarmas luminosas

El sistema de control también es encargado de generar las señales para el monitoreo de alarmas luminosas, así tenemos las siguientes señales con los respectivos dispositivos que las activan:

Funcionamiento. Cuando el generador empieza su funcionamiento normal, el Alternador que ya ha alcanzado su tensión nominal de generación, activa el relé d61, con lo cual se energiza el relé d52 de manera que conmuta su contacto, enviando así la señal de Funcionamiento

El automatismo está bloqueado. Esta señal se genera cuando se han activado los relés d52 y d4; el relé d52 se activa una vez el generador haya entrado en funcionamiento normal, el relé d4 se activa cuando se ha producido una falla en el funcionamiento y el generador a enviado la señal de aviso por medio del terminal 20

Arranque defectuoso/Perturbación. Cuando se ha producido una falla en el arranque o se presente alguna perturbación, el generador envía la señal de aviso por medio del terminal 3, activando el relé d53 y enclavándolo, conmutando así su contacto y enviando la señal de Arranque defectuoso/Perturbación

Presión lubricante demasiado baja (menor a 15 PSI). Ésta señal se genera cuando el sensor de presión detecta que el nivel de lubricante es bajo y abre su contacto, así se da la señal de aviso por medio del terminal 19, a su vez, el generador envía una señal por el terminal 4 activando el relé d54 y enclavándolo, conmutando así su contacto y enviando la señal de Presión lubricante demasiado baja

Temperatura del motor demasiado alta (mayor a 85°C). Ésta señal se genera cuando el sensor de temperatura detecta que la temperatura del motor es excesiva cerrando su contacto, así se da la señal de aviso por medio del terminal 36 a su vez, el generador envía una señal por el terminal 5, activando el relé d55 y enclavándolo, conmutando así su contacto y enviando la señal de Temperatura del motor demasiado alta

Número de revoluciones excesivo (mayor 1800 RPM). El Generador Tacométrico está acoplado al rotor principal de la máquina, empieza a funcionar conjuntamente con el

generador, ya que está acoplado al rotor principal. En caso de que el número de revoluciones sea muy alto, el sistema de monitoreo de revoluciones envía una señal de aviso por medio del terminal 35, a su vez, el generador envía una señal por el terminal 6, activando el relé d56 y enclavándolo, conmutando así su contacto y enviando la señal de Número de revoluciones excesivo

Sistema de monitoreo

El monitoreo básicamente consiste en el bloque de alarmas luminosas, comandadas por tarjetas inteligentes, las cuales reciben las señales enviadas por el sistema de control y encienden o apagan las alarmas luminosas respectivas, para comprobar el estado de las alarmas luminosas se presiona el pulsador Control de alarmas en el tablero principal

Adicional a esto, se tiene el sistema de monitoreo de Frecuencia, el cual funciona mediante el Generador Tacométrico, que es el encargado de enviar una señal de voltaje proporcional a la velocidad de giro del rotor principal. Luego, mediante un sistema de acondicionamiento de señal y de conversión de voltaje a frecuencia, se envía dicha señal al Indicador de Frecuencia de la energía ubicado en el armario de monitoreo de los generadores

Para sensar la Presión de aceite, se emplea una PT, la cual varía su resistencia proporcionalmente a la variación de presión, registrando el valor presente en el Indicador de Presión de aceite

A su vez, para sensar la Temperatura del motor, se emplea una RTD, la cual varía su resistencia proporcionalmente a la variación de temperatura, registrando el valor presente en el Indicador de Temperatura del motor

En el caso de la medición de Temperatura del escape, se emplean termojuntas, que varían su voltaje proporcional a la variación de temperatura. Existe una termojunta para cada hilera del escape (A y B), pudiendo seleccionarse mediante un switch de dos posiciones cual de los valores se requiere registrar en el Indicador de Temperatura del escape

Los valores del voltaje trifásico generado se toman directamente de los bornes principales (U, V y W) del generador y se registran en los Indicadores de voltaje generado tanto del armario de transferencia automática de energía como del armario de monitoreo de los generadores (según la opción escogida por medio de los selectores respectivos): así mismo pasa en el caso de la corriente generada, salvo que para el armario de monitoreo de los generadores se realiza la medición del valor en los tres bornes principales del generador (U, V y W) y se muestran en el Indicador de corriente generada (según la opción escogida por medio del selector), mientras que para el armario de transferencia automática de energía, al Indicador de corriente generada, solo se le envía la medición realizada en uno de los bornes (U, V o W)

Sistema de Transferencia Automática de Energía

Para la transferencia automática de energía se tiene un controlador Telemecanique SR1 B201BD, el cual es el encargado de realizar la conmutación de la energía de Red con la energía de los generadores y viceversa según sea el caso

Los elementos constitutivos de éste sistema son:

- Comprobadores trifásicos de voltaje para Red, Generador 1 y Generador 2 (detectan fallas en cualquiera de las fases cuando el voltaje es demasiado alto o demasiado bajo, estos valores límites son seteados mecánicamente en el instrumento)
- Disyuntor Trifásico Motorizado Compact NS630 (para mandar a la carga el suministro de la Red Pública)
- 2 Disyuntores Trifásicos C250 (para mandar a la carga el suministro de los Generadores)
- Contacto de conexión a Alarma sonora
- Contacto de conexión al Disyuntor de RED
- Contacto de conexión al Disyuntor de Generador 1
- Contacto de conexión al Disyuntor de Generador 2
- PLC Telemecanique SR1 B201BD

En modo Automático, cuando comprobador trifásico de voltaje de Red detecta que se ha producido una falla en el voltaje, envía una señal discreta al controlador, el cual se encarga de mandar a encender el generador predeterminado (seleccionado mediante el

selector de generador). Una vez que el comprobador trifásico de Voltaje del Generador detecta que la energía generada es normal, se abre el disyuntor de Red y se cierra el disyuntor del Generador respectivo

Una vez que la energía de la Red retorna y alcanza valores normales, se abre el disyuntor del Generador que está en funcionamiento, se cierra el disyuntor de Red, alimentando a la carga con la energía entregada por la Empresa Eléctrica Quito S.A., y se apaga el generador

Los indicadores luminosos se van encendiendo o apagando conforme el PLC recibe las señales de falla o habilitación de los sensores y envía las señales de activación/desactivación (discretas) a los indicadores luminosos respectivos

Sistema de Regulación de Tensión

Los diagramas de conexión del regulador de tensión se los puede consultar refiriéndose al ANEXO 1 (Párrafo 14.3 y 14.5); el diagrama interno del regulador de tensión TR5D se lo puede consultar refiriéndose al ANEXO 1 (Párrafo 14.4)

El regulador de tensión TR5D (marca AEG) funciona de la siguiente manera:

Su función principal es la de mantener constante la tensión en los bornes principales del generador cuando se aumente o disminuya la carga, para lo cual toma acción sobre la máquina excitatriz, regulando el voltaje de excitación que se envía hacia ella

En un inicio, el regulador de tensión recibe la tensión trifásica desde el estator de la excitatriz auxiliar, ésta tensión es rectificadora y se aplica al campo de excitación por medio de un transistor de operación

Conforme se da la variación de carga, el regulador va ajustando los valores de la tensión de excitación

Dentro del regulador se realiza la comparación de los valores exigidos y reales. La diferencia de regulación se amplifica mediante un amplificador de operación, con sistema de reposición PI

Para mayor información sobre el funcionamiento del regulador de tensión referirse al ANEXO 1 (Párrafo 6)

CAPÍTULO V

DISEÑO DE HARDWARE

SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO

Diseño

Los elementos y señales que se deben tomar en consideración para el diseño del sistema de control y monitoreo son los siguientes:

Entadas Digitales

- Pulsador de Parada de emergencia
- Pulsador de Inicio/Arranque
- Pulsador de Reset de alarmas
- Switch de presión
- Switch de temperatura
- Switch Sobre revoluciones

Entadas Análogas

- Termojunta de Temperatura del escape serie A (4-20mA)
- Termojunta de Temperatura del escape serie B (4-20mA)
- PT de Presión de Aceite (0 a 10 Bar)
- RTD de Temperatura del motor (0-1000°C)

Salidas Discretas

- Contacto de conexión a Motor de arranque
- Contacto de conexión a Alarma sonora
- Contacto de conexión a Calentador de agua de refrigeración
- Contacto de conexión a Solenoide de parada
- Señal de Emergencia o Falla.

Actuadores

- Motor de arranque
- Alarma sonora
- Calentador de agua
- Solenoide de parada

El controlador a utilizar es un PLC M340, el cual tiene una Arquitectura basada en Racks (Modular), posee alta robustez, todos los módulos se pueden quitar y poner en tensión con la CPU en RUN (excepto la fuente de alimentación y la CPU), talla reducida; se utiliza este controlador debido a que el personal de mantenimiento de Petrocomercial del poliducto Esmeraldas – Quito, tiene experiencia en el uso de este controlador con muy buenos resultados

Por otra parte, se dejará listo el diseño para la implementación del Generador1, pero sin las respectivas conexiones de campo debido a que al momento dicho generador se encuentra fuera de servicio

Cálculo de relés de control

Mediante el estudio realizado en el dimensionamiento del sistema de transferencia y en vista del uso del controlador M340, se considera necesario utilizar relés para la etapa de control con características de 6A a 24V DC, debido a que las salidas del controlador son salidas a relé con un amperaje máximo de 1 A a 24V DC, los cuales accionarán los mecanismo de calentador de agua, solenoide de parada, motor de arranque, así como la apertura y cierre de los diferentes disyuntores ya sean estos de los generadores como el disyuntor de red

Cálculo de cables

En el actual sistema se implemento con cable AWG 14 gracias a que el valor de amperaje que proporciona es suficiente tanto para los indicadores luminosos así como para la etapa de control implementada, gracias a que el controlador emite un amperaje máximo de 1 A, además gracias a que es un cable flexible y de fácil manejo, de esta manera no se corre el riesgo de falsos contactos tanto en el controlador como en los elementos montados

en los paneles, de esta manera se tiene mayor confiabilidad en el sistema implementado, sin que exista calentamiento en los cables o problemas de espacio físico en las canaletas

SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGÍA

Diseño

Para el sistema de Transferencia Automática de energía se mantendrán los mismos elementos y sensores, únicamente se sustituirá el controlador existente (PLC Telemecanique SR1 B201BD) por el controlador M340

Los elementos y señales que se deben tomar en consideración para el diseño del sistema de control y monitoreo son los siguientes:

Entradas Digitales

- Comprobadores de fase (Red Pública /Generador 1 / Generador 2)
- Selector de modo de Transferencia (Automático/Manual)
- Selector de Apertura/Cierre disyuntor de Red Pública
- Selector de Apertura/Cierre disyuntor de Generador 1
- Selector de Apertura/Cierre disyuntor de Generador 2

Salidas Discretas

- Señal de cierre disyuntor de Red Pública
- Señal de cierre disyuntor de Generador 1
- Señal de cierre disyuntor de Generador 2

Actuadores

- Disyuntor de Red Pública
- Disyuntor de Generador 1
- Disyuntor de Generador 2

Cabe resaltar que el diseño a desarrollarse es para la transferencia automática de la energía cuando falla el suministro de la Empresa Eléctrica Quito S.A., dando un tiempo de encendido máximo de 1 minuto en el cual el Generador 2 arrancararía y estaría listo para

proporcionar la energía eléctrica necesaria a la estación, y viceversa cuando regresa la energía de RED

Cálculo de disyuntores

En base a la Tabla.V.1. que se muestra a continuación podemos ver que el amperaje que requiere la estación es de 500A, en vista de ello se ha seleccionado un disyuntor Compact NS600 debido a que el amperaje que dicho disyuntor soporta es de 600A, además cuenta con protecciones de sobre corriente, dentro de las características que posee este disyuntor está el efecto mecánico, mecanismo mediante el cual la fuerza electrodinámica reducida, hace que exista menos riesgo de contactos eléctricos, además de poseer dispositivos localizados que evitan menos perturbaciones por medir dispositivos eléctricos, posee además un mecanismo motorizado en el cual existe la posibilidad de enviar variables discretas gracias a que posee un sistema de switch los cuales proporcionan información de apertura o cierre del disyuntor, fallo en el disyuntor, enviando señales discretas las cuales nos permiten tener un mayor control mediante un controlador para poder evitar daños a personas y/o equipos por mal funcionamiento del disyuntor

No	Descripción	Cant.	Pot. Nom	Pot.(kVA)	Corriente nominal (A)
1	Motor Bomba piscina API	1	2 HP	0,002312139	0,004816956
2	Motor Tanque Bullet	1	20 HP	0,023121387	0,048169557
3	Motor Compresor	1	11 kW	0,012716763	0,026493256
4	Motor Compresor	1	11 kW	0,012716763	0,026493256
5	Grupo de Bombeo 1	1	80 kVA	80	166,6666667
6	Grupo de Bombeo 2	1	80 kVA	80	166,6666667
7	Grupo de Bombeo 3	1	80 kVA	80	166,6666667
8	Válvula MOV	2	0,26 kW	0,000300578	0,000626204
9	Válvula MOV	6	0,77 kW	0,000890173	0,001854528
10	Motor Eléctrico (1504)	1	200-600 HP	0,693641618	1,445086705
11	Motor Incrementador	3	1,5 kW	0,001734104	0,003612717
12	Motor Prelubricación	3	0,25 kW	0,000289017	0,000602119
13	Motor Sumidero	1	15 HP	0,01734104	0,036127168
14	Motor Alivio	1	30 kW	0,034682081	0,072254335
15	Motor Sistema de Espuma	1	15 HP	0,01734104	0,036127168
16	Motor alimentación tanque Diesel	1	2 HP	0,002312139	0,004816956
17	Planta de Agua tratada	1	2 HP	0,002312139	0,004816956
18	Planta de Agua tratada	1	5 HP	0,005780347	0,012042389
19	Calentador de Agua	5	4 W	4,62428E-06	9,63391E-06

20	Esmeril	1	1 HP	0,001156069	0,002408478
21	Compresor de aire	1	2 HP	0,002312139	0,004816956
22	Iluminación Exterior	25	400 W	0,000462428	0,000963391
23	Iluminación Interior	17	400 W	0,000462428	0,000963391
24	Refrigeradora	1	0,25 HP	0,000289017	0,000602119
25	Toma corrientes	43	40 W	4,62428E-05	9,63391E-05
26	Lámparas fluorescentes 40 W	70	40 W	4,62428E-05	9,63391E-05
27	Focos Incandescentes	39	100 W	0,000115607	0,000240848
28	Computadoras	3	150 W	0,00017341	0,000361272
29	Frigoríficos	1	1,63 kW	0,001884393	0,003925819
30	Cocina eléctrica	1	9 kW	0,010404624	0,021676301

TOTAL

240,8448486

501,8

Tabla. V.1. Cálculo del amperaje total necesario del disyuntor en base a las cargas existentes en la estación

El costo de los materiales utilizados en la implementación pueden ser consultados en el ANEXO 4, cabe destacar que en dicho anexo constan únicamente los ítems que fue necesario adquirirlos adicionalmente, es decir, aquellos ítems que no se encontraban en stock de bodega

Los planos de conexión del sistema implementado pueden ser consultados en el ANEXO 5

CAPÍTULO VI

DESARROLLO DE SOFTWARE

En base a los requerimientos de la empresa, se requiere la programación del controlador Modicon M340, de la pantalla táctil Magelis XBTGT6230 y la HMI

Las pantallas que se desarrollarán para la HMI y la pantalla táctil serán integradas a las aplicaciones que actualmente se encuentran corriendo para el control y monitoreo de los grupos de bombeo

PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR MODICON M340

Para programar el controlador M340 se utiliza el programa Unity Pro, el mismo que ofrece varios tipos de lenguaje de programación: Ladder, FBD (Bloque de funciones), SFC (Sequential Function Chart) y ST (Structured Text). El lenguaje de programación que se utilizará es el lenguaje FBD, debido a que el personal de mantenimiento eléctrico del poliducto Shushufindi – Quito está familiarizado con el mismo

En primera instancia se procede a la configuración de los módulos del PLC, así como de los parámetros de comunicación en el módulo BMXP342020

Para los módulos de entradas discretas BMXDDI1602 se definen los nombres de cada una de las entradas y automáticamente el software de programación asigna las direcciones respectivas, de igual manera sucede con el modulo de salidas a transistor BMXDDO1602 y el módulo de entradas análogas BMXART0814

Las figuras indican paso a paso el procedimiento de programación así como la programación en bloques de función de las distintas secciones

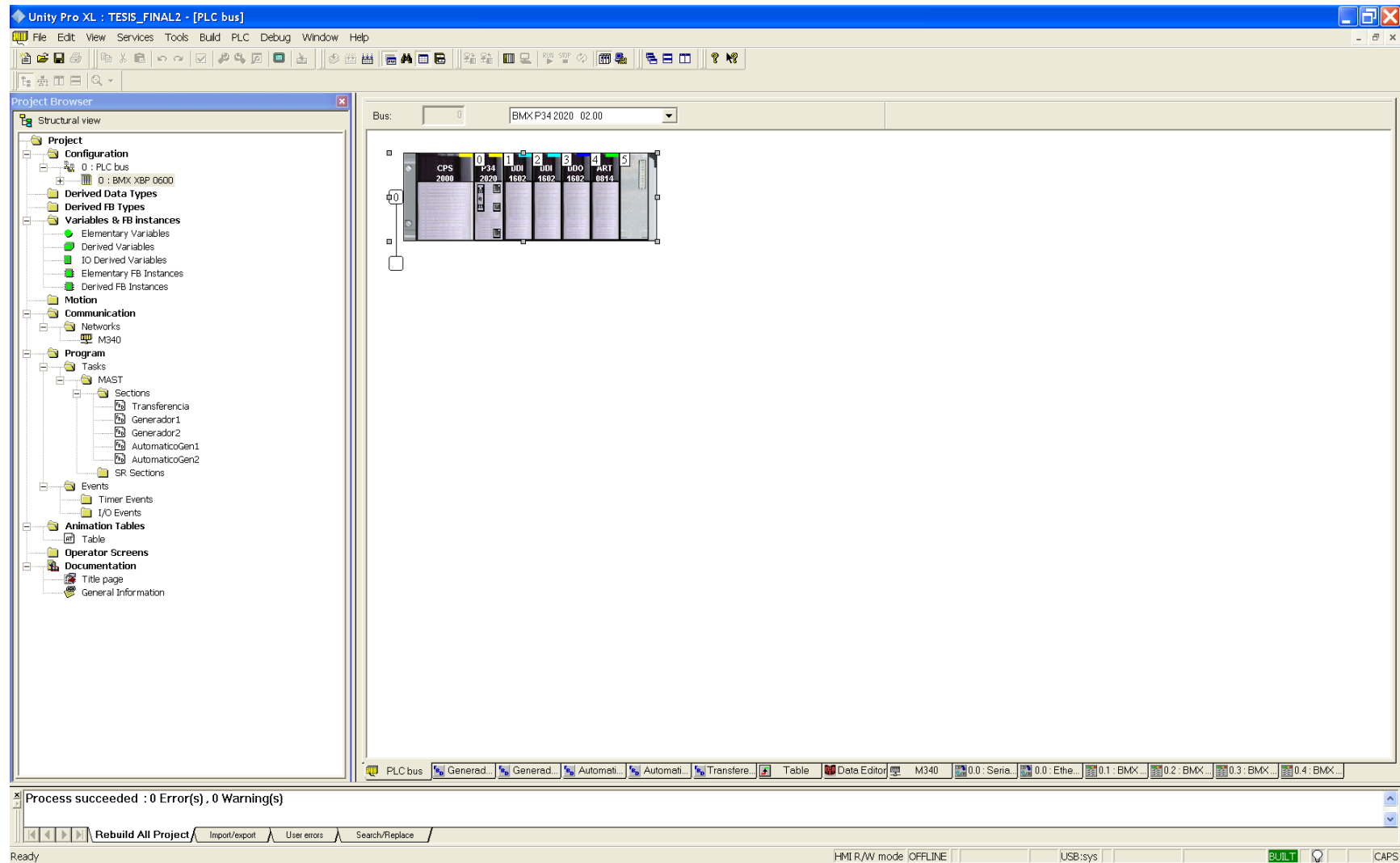


Figura. VI.1. Disposición física de los módulos del controlador en el Backplane

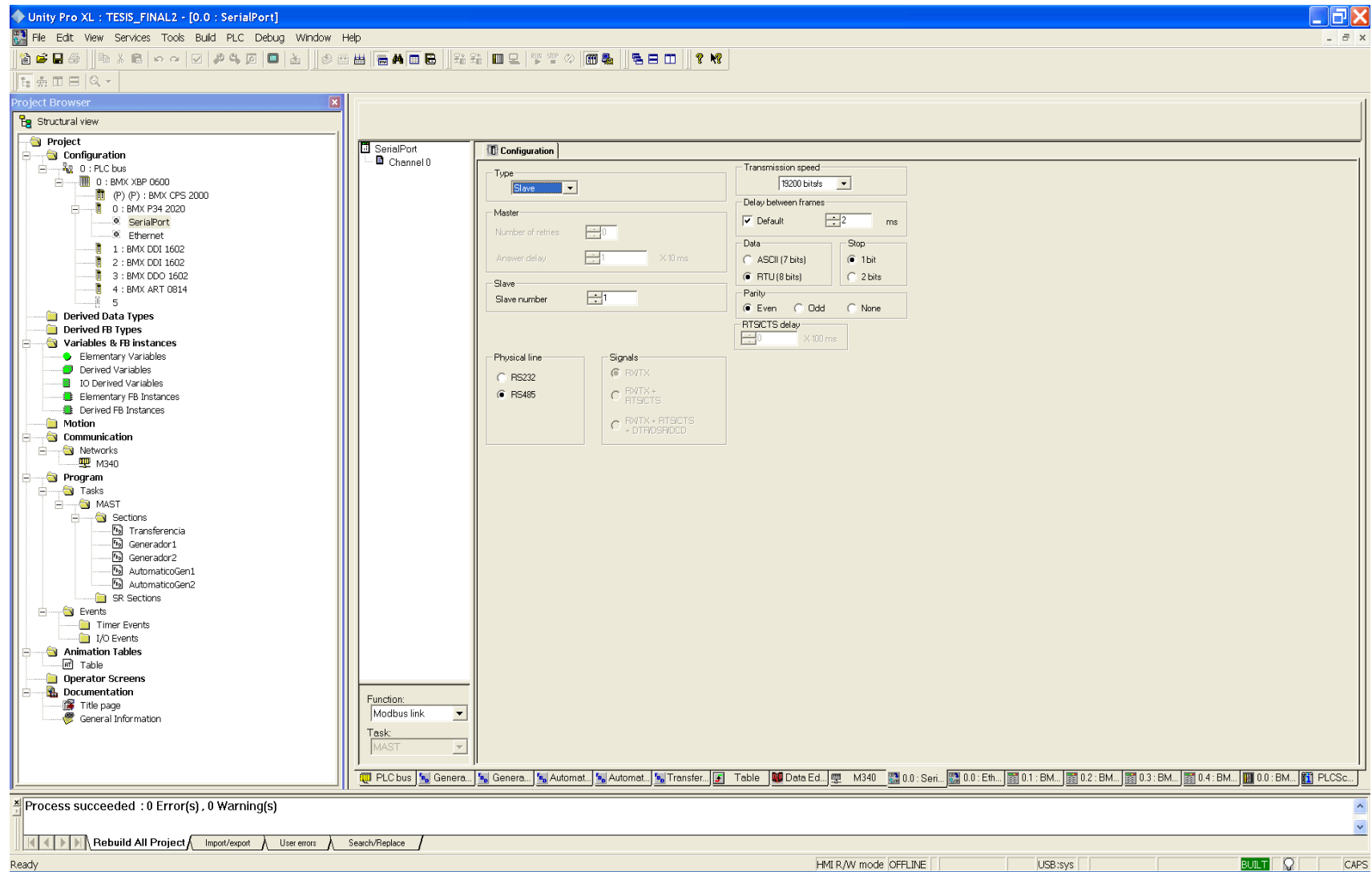


Figura. VI.2. Configuración del puerto de comunicación Modbus del módulo BMXP342020

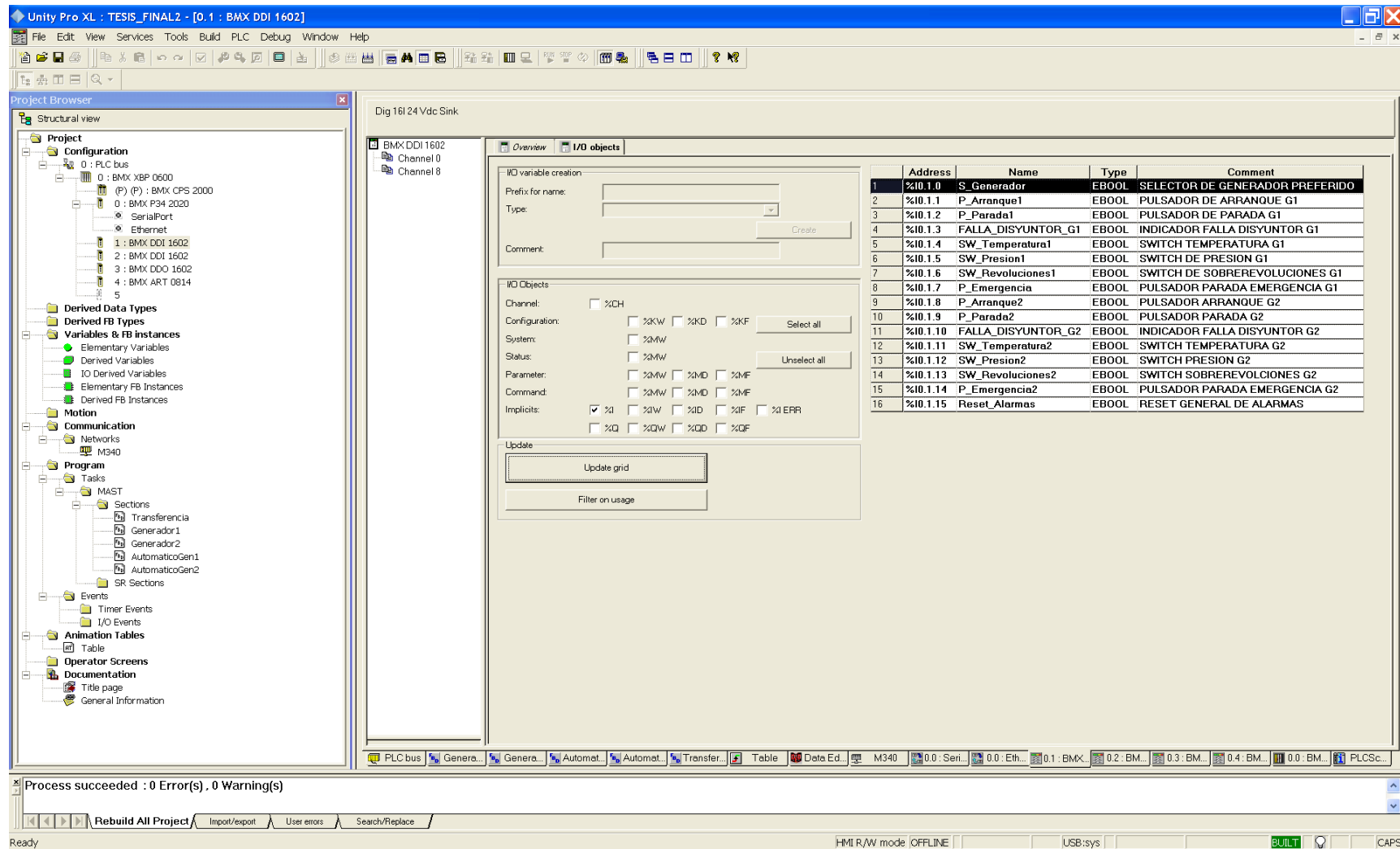


Figura. VI.3. Configuración del módulo BMXDDI1602 (1)

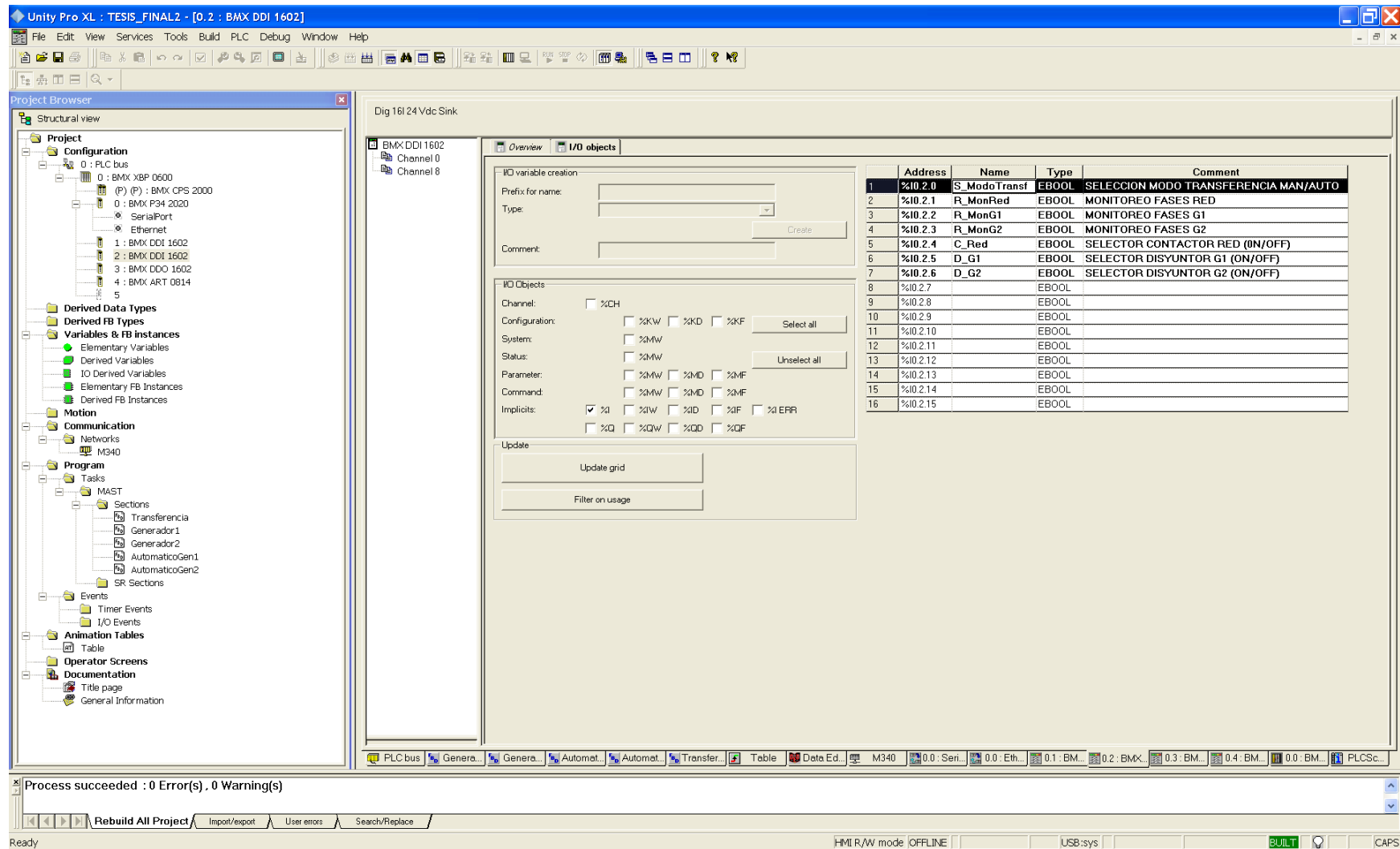


Figura. VI.4. Configuración del módulo BMXDDI1602 (2)

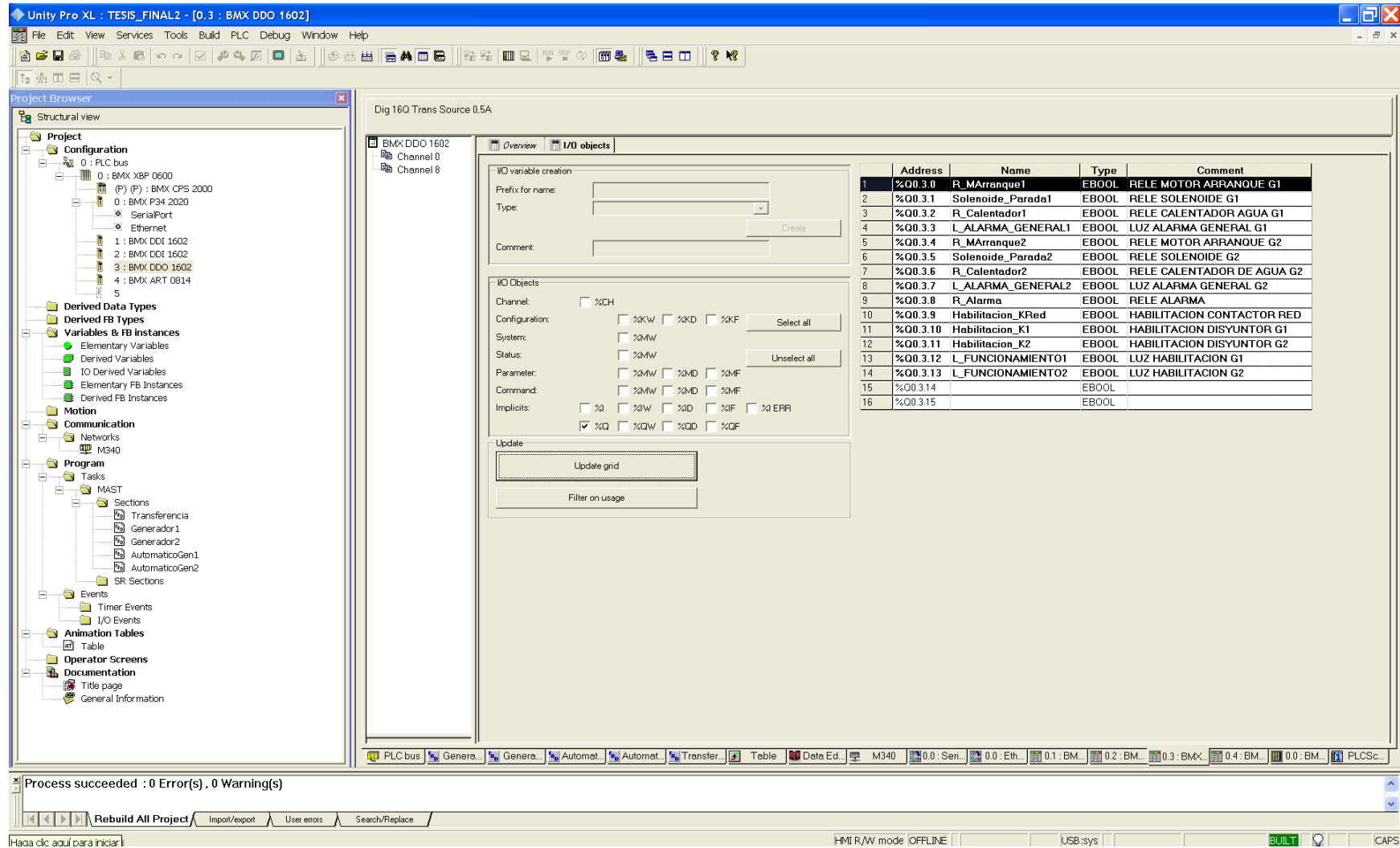


Figura. VI.5. Configuración del módulo BMXDDO1602

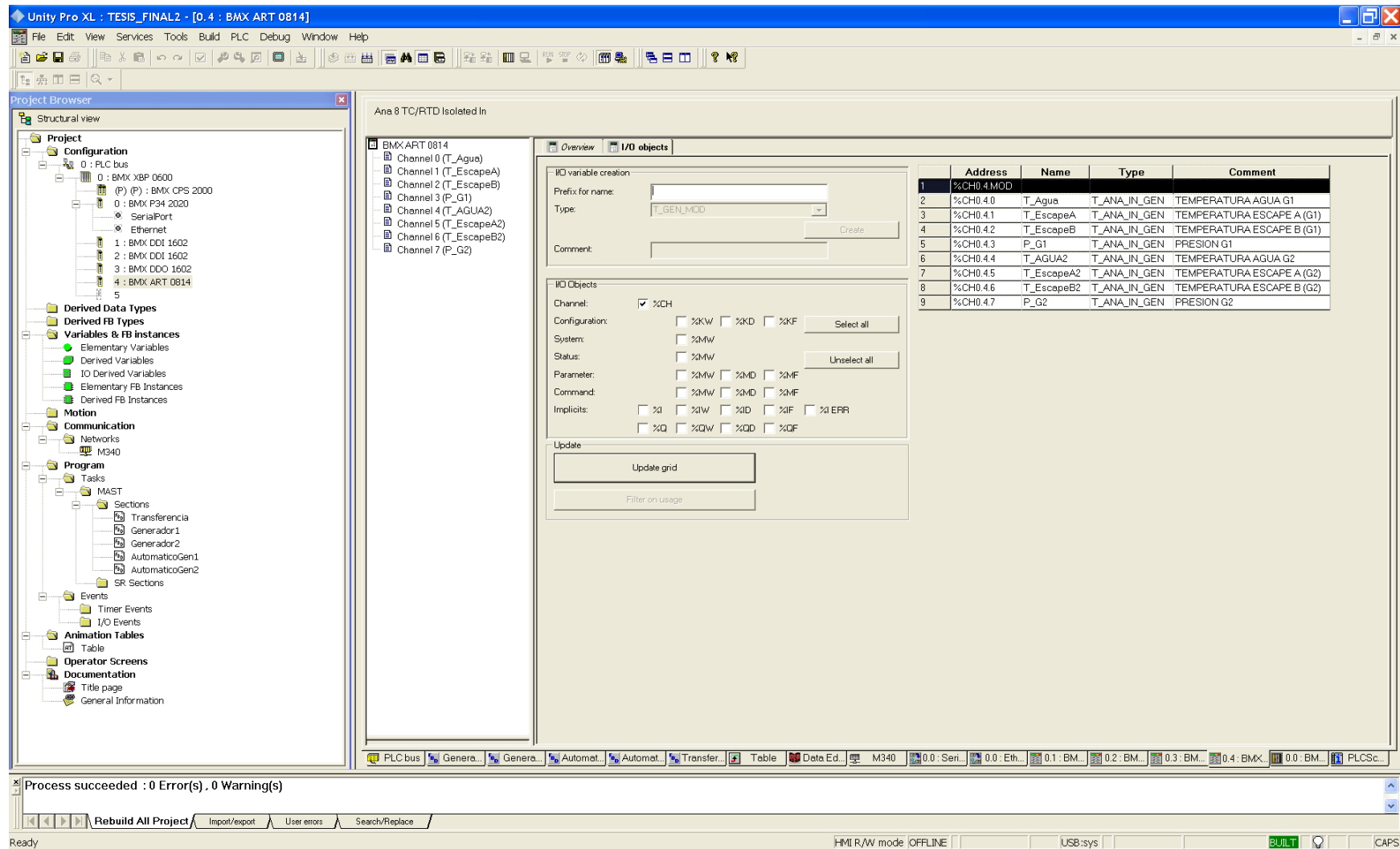


Figura. VI.6. Configuración del módulo BMXART0814

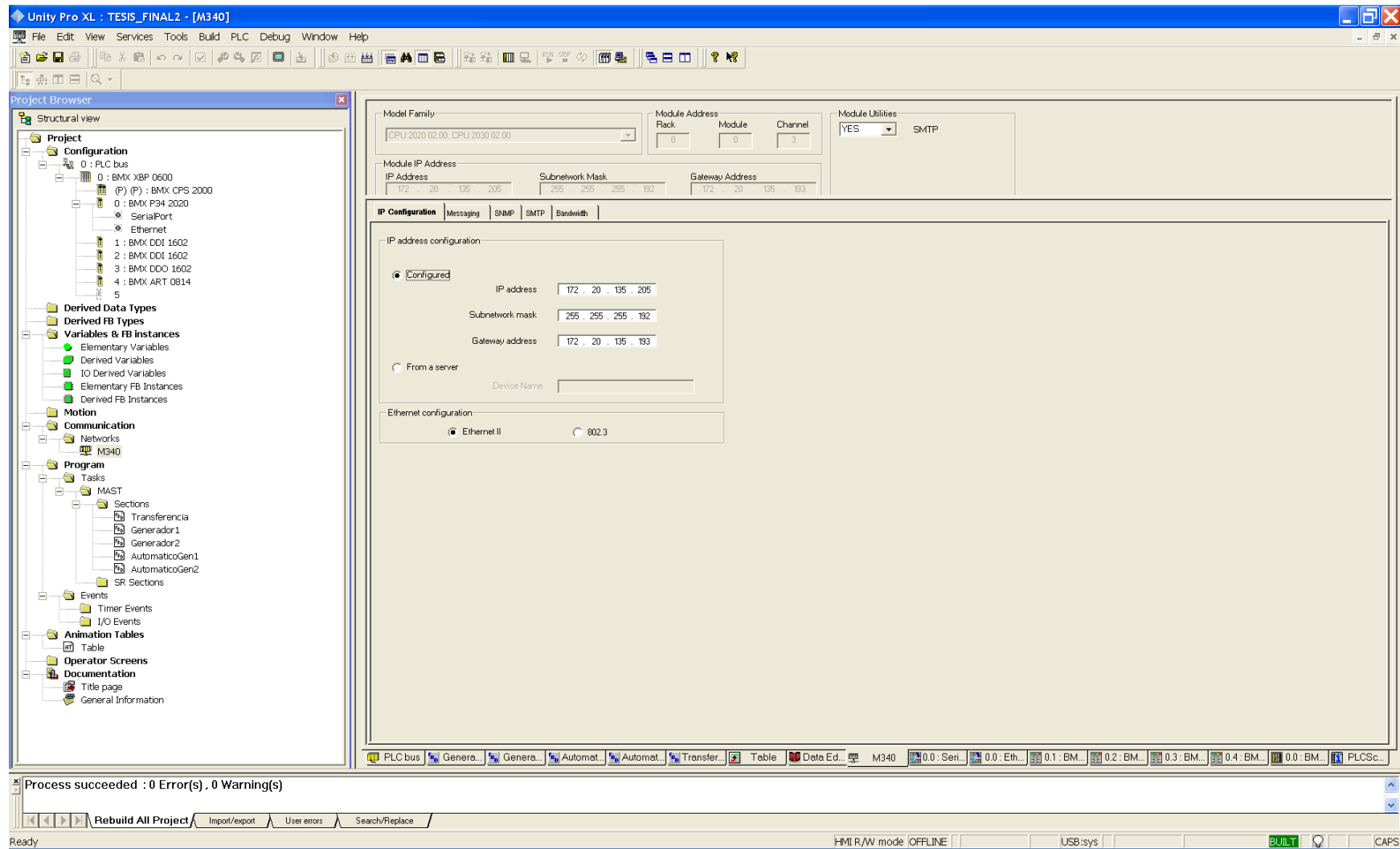


Figura. VI.7. Configuración de los parámetros de comunicación Modbus TCP/IP del controlador

Una vez definidos y configurados los módulos a utilizarse así como los parámetros de comunicación, se procede a la declaración de variables

Name	Type	Address	Value	Comment
Altemador_Listo1	EBOOL			
Altemador_Listo2	EBOOL			
Arranque1	EBOOL			
Arranque2	EBOOL			
ArranqueAuto1	EBOOL			
ArranqueAuto2	EBOOL			
aux1	EBOOL			
aux2	EBOOL			
aux3	EBOOL			
aux4	EBOOL			
C_Red	EBOOL	%I0.2.4		SELECTOR CONTACTOR RED (ON/OFF)
D_G1	EBOOL	%I0.2.5		SELECTOR DISYUNTOR G1 (ON/OFF)
D_G2	EBOOL	%I0.2.6		SELECTOR DISYUNTOR G2 (ON/OFF)
Emergencia	EBOOL	%M23		
Emergencia2	EBOOL	%M24		
FALLA	EBOOL			
FALLA_DISYUNTOR_	EBOOL	%I0.1.3		INDICADOR FALLA DISYUNTOR G1
FALLA_DISYUNTOR_	EBOOL	%I0.1.10		INDICADOR FALLA DISYUNTOR G2
Generador1	EBOOL			
Generador2	EBOOL			
GENERAL_TALARM	EBOOL			
GENERAL_TALARM2	EBOOL			
Habilitacion_K1	EBOOL	%Q0.3.10		HABILITACION DISYUNTOR G1
Habilitacion_K2	EBOOL	%Q0.3.11		HABILITACION DISYUNTOR G2
Habilitacion_KRed	EBOOL	%Q0.3.9		HABILITACION CONTACTOR RED
Horas1	INT	%MW2		
Horas2	INT	%MW5		
L_ALARMA_GENERAL1	EBOOL	%Q0.3.3		LUZ ALARMA GENERAL G1
L_ALARMA_GENERAL2	EBOOL	%Q0.3.7		LUZ ALARMA GENERAL G2
L_AltaRevoluciones2_0	EBOOL	%M21		
L_AltaRevoluciones_0	EBOOL	%M11		
L_AltaTMotor2_0	EBOOL	%M20		
L_AltaTMotor_0	EBOOL	%M10		
L_BajaPAceite2_0	EBOOL	%M19		
L_BajaPAceite_0	EBOOL	%M8		
L_FalloArranque2_0	EBOOL	%M18		
L_FalloArranque_0	EBOOL	%M7		
L_FUNCIONAMIENTO01	EBOOL	%Q0.3.12		LUZ HABILITACION G1
L_FUNCIONAMIENTO02	EBOOL	%Q0.3.13		LUZ HABILITACION G2
L_Funcionamiento2_0	EBOOL	%M17		
L_Funcionamiento_0	EBOOL	%M6		
L_Habilitacion2_0	EBOOL	%M16		
L_Habilitacion_0	EBOOL	%M5		
Minutos1	INT	%MW1		
Minutos2	INT	%MW4		
P_Arranque1	EBOOL	%I0.1.1		PULSADOR DE ARRANQUE G1
P_Arranque2	EBOOL	%I0.1.8		PULSADOR ARRANQUE G2
P_Arranque2_0	EBOOL	%M13		
P_Arranque_0	EBOOL	%M1		
P_Emergencia	EBOOL	%I0.1.7		PULSADOR PARADA EMERGENCIA G1
P_Emergencia2	EBOOL	%I0.1.14		PULSADOR PARADA EMERGENCIA G2
P_Emergencia2_0	EBOOL	%M22		
P_Emergencia_0	EBOOL	%M4		
P_G1_0	REAL	%MW18		
P_G2_0	REAL	%MW20		
P_Parada1	EBOOL	%I0.1.2		PULSADOR DE PARADA G1
P_Parada2	EBOOL	%I0.1.9		PULSADOR PARADA G2
P_Parada2_0	EBOOL	%M14		
P_Parada_0	EBOOL	%M2		
Parada1	EBOOL			
Parada2	EBOOL			
Paro1	EBOOL			
paro1_aux	EBOOL			
Paro2	EBOOL			
paro2_aux	EBOOL			
ParoAuto1	EBOOL			
ParoAuto2	EBOOL			
PULS_HORA1	EBOOL	%M35		
PULS_HORA2	EBOOL	%M37		
PULS_MIN1	EBOOL	%M34		
PULS_MIN2	EBOOL	%M36		
R_Alarma	EBOOL	%Q0.3.8		RELE ALARMA
R_Calentador1	EBOOL	%Q0.3.2		RELE CALENTADOR AGUA G1
R_Calentador2	EBOOL	%Q0.3.6		RELE CALENTADOR DE AGUA G2
R_MArranque1	EBOOL	%Q0.3.0		RELE MOTOR ARRANQUE G1
R_MArranque2	EBOOL	%Q0.3.4		RELE MOTOR ARRANQUE G2
R_MonG1	EBOOL	%I0.2.2		MONITOREO FASES G1
R_MonG2	EBOOL	%I0.2.3		MONITOREO FASES G2
R_MonRed	EBOOL	%I0.2.1		MONITOREO FASES RED
r_monred_aux	EBOOL			
Res_hora1	EBOOL			
Res_hora2	EBOOL			
Res_min1	EBOOL			
Res_min2	EBOOL			

Figura. VI.8. Lista de variables del controlador (1)

Res_seg1	EBOOL			
Res_seg2	EBOOL			
reset_3intentos_1	EBOOL			
reset_3intentos_2	EBOOL			
Reset_Alarmas	EBOOL	%I0.15		RESET GENERAL DE ALARMAS
Reset_Alarmas_0	EBOOL	%M25		
reset_intento1	BOOL			
reset_intento2	EBOOL			
S_Generador	EBOOL	%I0.10		SELECTOR DE GENERADOR PREFERIDO
S_Generador_0	EBOOL	%M0		
S_ModoTransf	EBOOL	%I0.20		SELECCION MODO TRANSFERENCIA MAN/AUTO
S_ModoTransf_0	EBOOL	%M9		
Segundos1	INT	%MW0		
Segundos2	INT	%MW3		
set_horas1	INT	%MW22		
set_horas2	INT	%MW26		
set_min1	INT	%MW24		
set_min2	INT	%MW28		
Solenoido_Parada1	EBOOL	%Q0.31		RELE SOLENOIDE G1
Solenoido_Parada2	EBOOL	%Q0.35		RELE SOLENOIDE G2
Start1	EBOOL			
Start1_aux	EBOOL			
Start2	EBOOL			
start2_aux	EBOOL			
StartGen1	EBOOL			
StartGen2	EBOOL			
SW_Presion1	EBOOL	%I0.15		SWITCH DE PRESION G1
SW_Presion2	EBOOL	%I0.12		SWITCH PRESION G2
SW_Revoluciones1	EBOOL	%I0.16		SWITCH DE SOBREVOLUCIONES G1
SW_Revoluciones2	EBOOL	%I0.13		SWITCH SOBREVOLUCIONES G2
SW_Temperatura1	EBOOL	%I0.14		SWITCH TEMPERATURA G1
SW_Temperatura2	EBOOL	%I0.11		SWITCH TEMPERATURA G2
T_Agua1	REAL			
T_Agua2_0	REAL	%MW16		
T_Agua_0	REAL	%MW10		
T_EscapeA2_0	REAL	%MW12		
T_EscapeA_0	REAL	%MW6		
T_EscapeB2_0	REAL	%MW14		
T_EscapeB_0	REAL	%MW8		
T_MOTOR_ARRANQUE	INT	%MW30	4	
TAGUAH2_0	EBOOL	%M31		
TAGUAH_0	EBOOL	%M27		
TAGUAH2_0	EBOOL	%M30		
TAGUAHH_0	EBOOL	%M26		
TAGUAL2_0	EBOOL	%M32		
TAGUAL_0	EBOOL	%M28		
TAGUALL2_0	EBOOL	%M33		
TAGUALL_0	EBOOL	%M29		
BAJAP1	EBOOL			
BAJAP2	EBOOL			

Figura. VI.9. Lista de variables del controlador (2)

Las variables relacionadas con los módulos de entrada/salida se crean automáticamente en el sistema, es necesario adicionar las variables que se usarán localmente y las que se van a vincular con la pantalla táctil y HMI, para las cuales se usan las direcciones con el formato %M para variables discretas y %MW para variables análogas. Una vez declaradas todas las variables se procede a la programación en DFB

En el ANEXO 5 se puede encontrar la programación del controlador en lenguaje DFB. A continuación se muestra un diagrama de flujo de la lógica utilizada para la programación

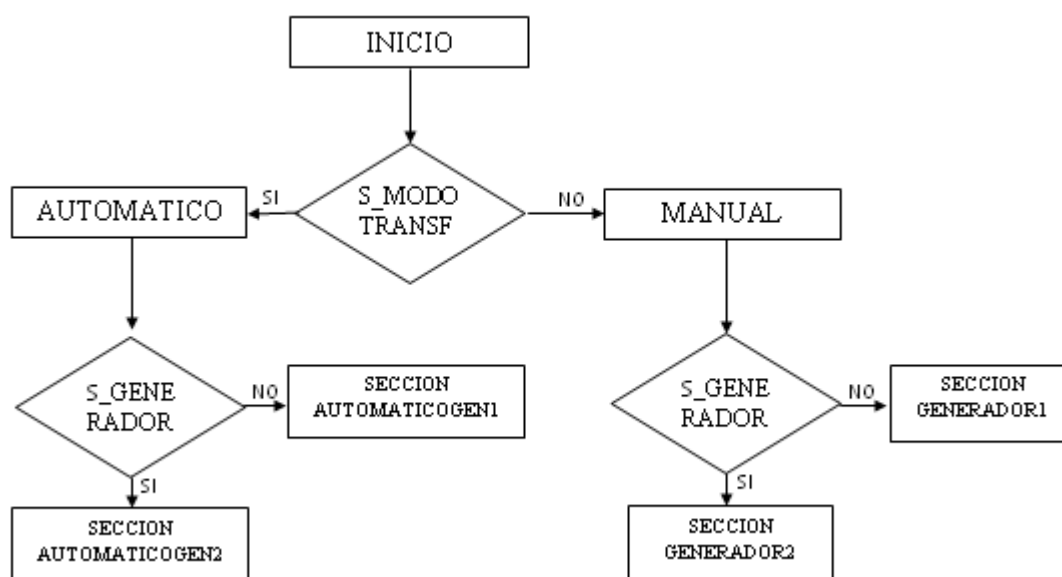


Figura. VI.10. Diagrama De flujo de la lógica de programación

Todas las secciones son MASTER, es decir, todas ellas están ejecutándose continuamente en el controlador, pero adicionalmente el software permite crear condiciones para la activación de secciones específicas, es así que en condiciones iniciales estarán activadas únicamente la sección transferencia y una de las secciones adicionales dependiendo de la posición de los selectores de modo de transferencia y de selección de generador de la siguiente manera:

<i>S_ModoTransf</i>	<i>S_Generador</i>	<i>Sección Activada</i>
0	0	GENERADOR1
0	1	GENERADOR2
1	0	AUTOGEN1
1	1	AUTOGEN2

Tabla. VI.1. Condiciones de habilitación de secciones

Los valores definidos para S_ModoTransf y S_Generador son:

S_ModoTransf: 0	->	Seleccionado modo de transferencia Manual
1	->	Seleccionado modo de transferencia Automático
S_Generador: 0	->	Seleccionado Generador1
1	->	Seleccionado Generador2

La lógica de funcionamiento es la siguiente: Cuando el voltaje trifásico de red es normal, se encuentra cerrado el disyuntor de red y abiertos los disyuntores de los generadores

Para ejemplificar se va a tomar como referencia que el Generador 2 está seleccionado, ya que el sistema funciona idénticamente para el otro generador cuando estuviere seleccionado, de esta manera, el indicador luminoso de Habilitado en el Generador 2 estará encendido

Si la transferencia está seleccionada en Manual ($S_ModoTransf = 0$); al detectarse una falla con la energía de la Red, todas las acciones serán controladas manualmente a pie de planta mediante los botones ubicados en el Tablero de Transferencia de Energía, así, al presionar el botón de Arranque G2, se enclava la Solenoide de parada, y el Motor de Arranque funciona por el lapso de 4sec (el tiempo de funcionamiento del Motor de arranque puede ser seteado por medio de la HMI), una vez el generador haya arrancado adecuadamente, se enciende el indicador luminoso de Funcionamiento y se pone en marcha el Horómetro; para activar o desactivar los disyuntores respectivos de igual manera se requiere manipular los selectores ubicados en el tablero de transferencia

En caso de encontrarse en modo manual y se cierren 2 disyuntores al mismo tiempo, se da prioridad al disyuntor que se encontraba cerrado y el otro disyuntor podrá cerrarse únicamente si se abre el disyuntor que se encontraba cerrado previamente, en este caso, se da un tiempo de activación de 4 segundos de manera que se dé tiempo para que se activen o desactiven adecuadamente los mecanismos internos de los disyuntores automáticos

Las alarmas responden a las siguientes condiciones:

Presión: < 15PSI -> LL (Bajo Bajo)

Temperatura de Agua:	< 20°C	->	L (Bajo)
	< 18°C	->	LL (Bajo Bajo)
	> 83°C	->	H (Alto)
	> 85°C	->	HH (Alto)
Temperatura de Escapes:	> 400°C	->	H (Alto)
Revoluciones:	> 1800RMP	->	HH (Alto)

Los valores de H y L son considerados de prealarma, es decir, se encienden los indicadores luminosos respectivos pero no detienen el funcionamiento del generador, mientras que los valores HH y LL son considerados como críticos

En caso de producirse cualquier alarma se enciende el indicador luminoso de Falla, si la alarma producida alcanza valores críticos, el generador se apaga automáticamente, caso contrario, el generador seguirá en funcionamiento hasta que se presione el botón de Paro G2 o el botón de Paro de Emergencia 2 ubicado en el Generador

Si el generador no entrega valores normales de voltaje en el lapso de 6seg, se considera como falla de arranque y se enciende el indicador luminoso de Falla

En éste punto, si retorna la energía de la Red y alcanza valores normales, la transferencia de igual manera se realiza manualmente manipulando los mandos del tablero de transferencia, así, se procede a abrir el selector del disyuntor del Generador dos, cambiando a la posición de OFF, luego se cierra el disyuntor de Red cambiando en el selector del disyuntor de Red a la posición de ON, y se apaga el Generador mediante el botón de Paro G2

Al detenerse el Generador, se detiene también el Horómetro

Si la transferencia está seleccionada en Automático ($S_ModoTransf = 1$); al detectarse una falla con la energía de la Red, se monitorea a la Red por 3 segundos y si no vuelve a tener valores normales, automáticamente se pone en marcha el Generador 2, enclavándose la Solenoide de Parada y poniendo en funcionamiento el Motor de arranque por 4seg (el tiempo de funcionamiento del Motor de arranque puede ser seteado por medio de la HMI), una vez el generador haya arrancado adecuadamente y entregue valores

normales de voltaje, se enciende el indicador luminoso de Funcionamiento y se pone en marcha el Horómetro

En caso de que el Generador 2 no encienda a la primera vez, se realiza dos intentos más de arranque, si el generador no entrega valores normales de voltaje en el lapso de 6seg luego de los tres intentos, se considera como falla de arranque y se enciende el indicador luminoso de Falla, además se pone en marcha al Generador 1

Después de que se haya detectado falla en el voltaje de Red por 3seg, inmediatamente se abre el Disyuntor de Red, el Disyuntor de Generador 2 se cierra automáticamente 4seg después de que se haya detectado que dicho generador entrega valores normales de voltaje

En éste punto, si retorna la energía de la Red y alcanza valores normales, después de 3seg se abre automáticamente el Disyuntor de Generador 2, se dejan pasar 4seg hasta que los mecanismos internos del disyuntor dejen de funcionar y se cierra el Disyuntor de Red, un minuto después se detiene automáticamente el Generador con su respectivo Horómetro

De igual manera que en el caso de Transferencia Manual, en caso de producirse cualquier alarma se enciende el indicador luminoso de Falla, si la alarma producida alcanza valores críticos, el generador se apaga automáticamente, caso contrario, el generador seguirá en funcionamiento normalmente y se detendrá únicamente si se presiona el botón de Paro de Emergencia 2 ubicado en el Generador

Si se ha presionado el botón de Paro de Emergencia, el generador no podrá volver a arrancar en ningún modo a menos que se presione el botón de Reset ubicado en el generador

En modo de Transferencia Automático, se deshabilitan todos los mandos físicos ubicados en el Tablero de Transferencia, de manera que si alguna persona los manipula, dicha acción no influirá en el funcionamiento del sistema

Para la lectura de variables desde los sensores análogos, es necesario realizar un escalamiento de las variables, debido a que el comportamiento de dichos sensores no es

lineal, en el ANEXO 6 constan los procedimientos para escalamiento de variables y obtención de la ecuación más adecuada para el correcto escalamiento

PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA TÁCTIL MAGELIS XBTGT6230

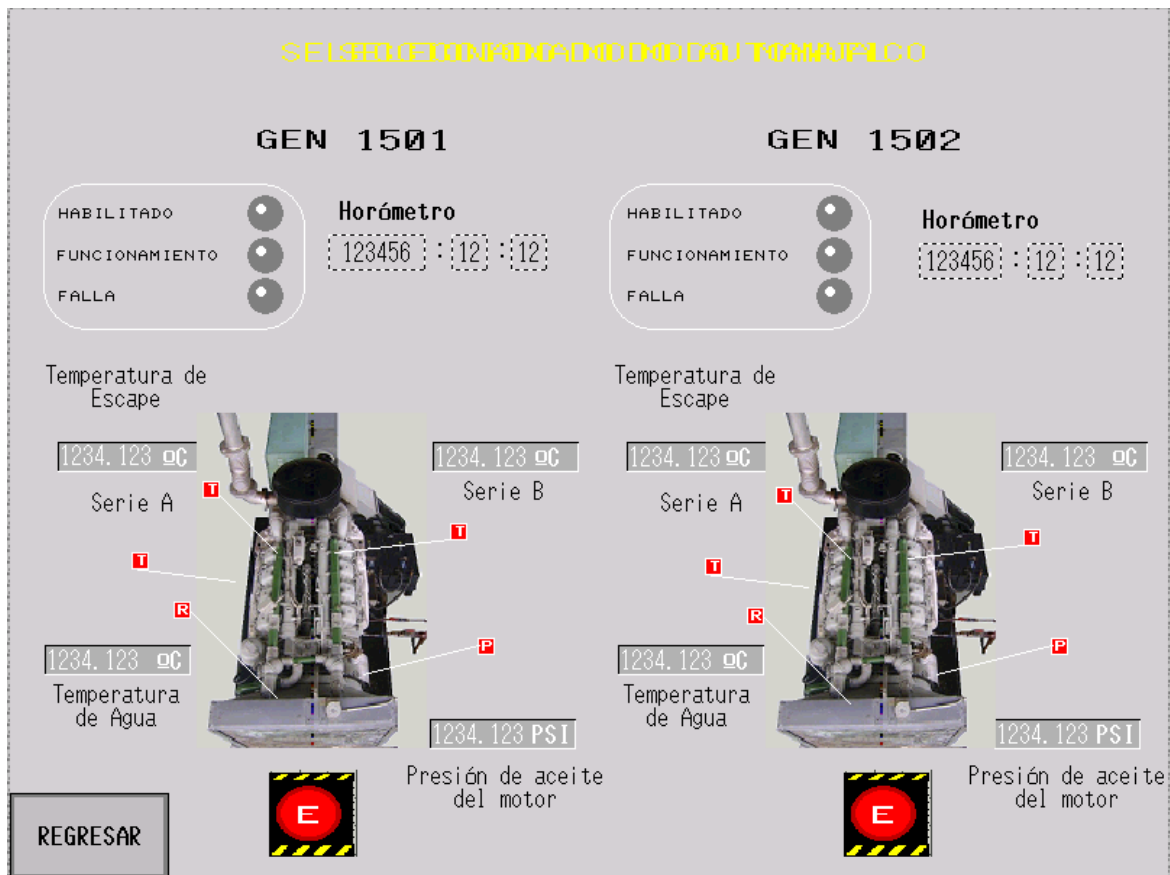


Figura. VI.11. Pantalla de Monitoreo de Generadores

El software que se usa para la programación de la interface grafica es Vijeo Designer, en la Figura.VI.11. se muestra la pantalla diseñada, mediante la cual el personal del área de operaciones procede a tomar datos tecnicos de las variables que se estan monitoreando ya sean estas temperaturas de Escapes, Agua de motor y presión de aceite del motor, asi tambien se puede visualizar el estado en que se encuentran los generadores asi tambien como los tiempos de funcionamiento de los mismos (Horómetros), dicha pantalla fue adicionada a la aplicación existente para control y monitoreo de los grupos de bombeo de la estación

Inicialmente se diseñó 3 pantallas, la primera para visualización general de los dos generadores, la segunda para visualización de condiciones únicamente del Generador 1 y la tercera para visualización de condiciones únicamente del Generador 2, pero después de revisiones y por recomendación del Jefe de Mantenimiento Eléctrico, se decidió conservar una única pantalla general en la que constan todos los indicadores y visualizadores de las variables de interés

De la misma manera, inicialmente se diseñaron las pantallas de manera tal que nos permitan arrancar y detener los generadores de manera remota, pero por recomendaciones, se decidió usar las interfases gráficas únicamente para lectura de datos, es decir monitoreo

Adicionalmente el software permite la creación de scripts, los cuales pueden ser activados de distintas maneras, ya sea cuando se abre la pantalla, cuando se cierra, mientras está activa (periódicamente) o por medio de condiciones; en este caso fue necesaria la creación de un script que permita activar o desactivar las etiquetas de acuerdo al modo de transferencia y al generador seleccionado

The image shows a software development environment with two main windows:

- Navegador (Navigator):** Displays a hierarchical tree structure for a project named 'CHALPI'. Under 'Destino1', there is a folder 'Paneles gráficos' containing 13 items: 1: Principal, 2: GruposDiesel, 3: GrupoElectrico, 4: GruposEstacion, 5: Variador, 6: GEBCondiciones, 7: GEBAlarmas, 8: GEBAlarmasSumario, 9: GEBHistPresVel, 10: GEBTendencias, 11: GEBHistDens, 12: Breaker, and 13: Masico.
- Inspector:** Shows configuration for a 'Script del panel' named 'Script1'. The settings are:

Nombre	Script1
Disparador	Periódica
Frecuencia (seg)	1.0
Programando	Bajo
- Script Editor:** Contains the following code:


```
//-----
//Script creado el : Mar 13, 2010
//
// Descripción :
//
//-----
// Sustituir esta linea por su script
int P=0;
int Q=0;
int SHOWMANUAL=0;
int SHOWGEN2=0;

P=PLC_PLC_M340.S_ModoTransf_0.getIntVal
Q=PLC_PLC_M340.S_Generador_0.getIntVal

if (P==0)
    SHOWMANUAL=1;
else
    SHOWMANUAL=0;

SHOWMANUAL_AUX.write(SHOWMANUAL);

if (Q==0)
    SHOWGEN2=1;
else
    SHOWGEN2=0;

SHOWGEN2_AUX.write(SHOWGEN2);
```

Figura. VI.12. Script para activación/desactivación de etiquetas

Una vez creada la aplicación, el programa automáticamente crea una lista de los objetos usados, en la cual consta el nombre del objeto, posición dentro de la pantalla, animaciones asignadas al objeto y, de existir animaciones, las variables que activan o desactivan dicha animación

O...	Nombre del objeto	Posición	Animación	Variables
72	Texto26	520, 80 x 660, 100	Visibilidad	SHOWGEN2_AUX
71	Texto25	160, 80 x 313, 100	Visibilidad	PLC_PLC_M340.S_Generador_0
70	Piloto03	164, 185 x 188, 209		PLC_PLC_M340.L_FalloArranque_0
69	Piloto02	164, 157 x 188, 181		PLC_PLC_M340.L_Funcionamiento_0
68	Piloto01	164, 128 x 188, 152		PLC_PLC_M340.L_Habilitacion_0
67	Texto10	23, 177 x 83, 217		
66	Texto09	28, 159 x 148, 179		
65	Texto03	23, 130 x 123, 150		
64	Piloto06	557, 185 x 581, 209		PLC_PLC_M340.L_FalloArranque2_0
63	Piloto05	557, 157 x 581, 181		PLC_PLC_M340.L_Funcionamiento2_0
62	Piloto04	557, 128 x 581, 152		PLC_PLC_M340.L_Habilitacion2_0
61	Texto17	416, 177 x 476, 217		
60	Texto16	422, 159 x 542, 179		
59	Texto11	416, 130 x 516, 150		
58	Text08	747, 490 x 780, 509		
57	Text07	353, 490 x 393, 509		
56	Text06	760, 299 x 779, 318		
55	Text05	491, 439 x 510, 458		
54	Text04	493, 299 x 512, 318		
53	Text03	361, 299 x 380, 318		
52	Text01	100, 439 x 119, 458		
51	GrupoDeObjetos13	84, 374 x 155, 394	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.L_AltaMotor_0
50	GrupoDeObjetos12	224, 354 x 315, 374	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.T_EscapeB_0
49	GrupoDeObjetos11	133, 325 x 184, 374	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.T_EscapeA_0
48	GrupoDeObjetos10	113, 408 x 184, 474	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.L_AltaRevoluciones_0
47	GrupoDeObjetos09	244, 433 x 334, 458	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.L_BajaPAcette_0
46	GrupoDeObjetos08	480, 378 x 551, 398	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.L_AltaMotor2_0
45	GrupoDeObjetos07	620, 358 x 711, 378	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.T_EscapeB2_0
44	GrupoDeObjetos06	529, 329 x 580, 378	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.T_EscapeA2_0
43	GrupoDeObjetos05	509, 412 x 580, 478	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.L_AltaRevoluciones2_0
42	GrupoDeObjetos04	640, 433 x 730, 458	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.L_BajaPAcette2_0
41	Texto02	180, 10 x 640, 50	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.S_ModoTransf_0
40	Texto15	218, 10 x 618, 50	Visibilidad, Parpadeo	SHOWMANUAL_AUX
38	Imagen05	576, 524 x 637, 584	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.Emergenia2
37	Imagen04	179, 524 x 240, 584	Visibilidad, Parpadeo	PLC_PLC_M340.Emergenia
36	GroupObject02	0, 540 x 109, 599	Pulsación	
35	Texto24	728, 161 x 748, 181		
34	Texto23	685, 161 x 705, 181		
33	VisualizadorNumérico17	744, 161 x 768, 185		PLC_PLC_M340.Segundos2
32	VisualizadorNumérico16	703, 161 x 727, 185		PLC_PLC_M340.Minutos2
31	VisualizadorNumérico15	628, 161 x 684, 185		PLC_PLC_M340.Horas2
30	Texto22	620, 130 x 720, 159		
29	Texto21	271, 320 x 411, 360		
28	Imagen02	129, 278 x 288, 509		
27	Texto20	262, 514 x 422, 574		
26	VisualizadorNumérico14	33, 298 x 133, 318		PLC_PLC_M340.T_EscapeA_0
25	Texto19	0, 238 x 160, 298		
24	VisualizadorNumérico13	24, 438 x 124, 458		PLC_PLC_M340.T_Agua_0
23	VisualizadorNumérico11	290, 489 x 390, 509		PLC_PLC_M340.P_G1_0
22	VisualizadorNumérico07	292, 298 x 392, 318		PLC_PLC_M340.T_EscapeB_0
21	Texto07	23, 460 x 123, 500		
20	Texto01	14, 320 x 154, 360		
19	Texto18	664, 320 x 804, 360		
18	Imagen03	522, 278 x 681, 509		
17	Texto08	650, 514 x 810, 574		
16	VisualizadorNumérico12	426, 298 x 526, 318		PLC_PLC_M340.T_EscapeA2_0
15	Texto12	393, 238 x 553, 298		
14	VisualizadorNumérico10	680, 489 x 780, 509		PLC_PLC_M340.P_G2_0
13	VisualizadorNumérico09	420, 438 x 520, 458		PLC_PLC_M340.T_Agua2_0
12	VisualizadorNumérico08	685, 298 x 785, 318		PLC_PLC_M340.T_EscapeB2_0
11	Texto06	417, 460 x 517, 500		
10	Texto05	407, 320 x 547, 360		
9	Texto14	330, 155 x 350, 175		
8	Texto13	287, 155 x 307, 175		
7	VisualizadorNumérico03	346, 155 x 370, 179		PLC_PLC_M340.Segundos1
6	VisualizadorNumérico02	305, 155 x 329, 179		PLC_PLC_M340.Minutos1
5	VisualizadorNumérico01	220, 155 x 286, 179		PLC_PLC_M340.Horas1
4	Texto04	217, 124 x 317, 153		
3	Rectángulo01	23, 120 x 203, 220		
2	Rectángulo02	414, 120 x 594, 220		
1	Imagen01	0, 0 x 799, 599		

Figura. VI.13. Lista de objetos utilizados en la Pantalla diseñada

Para realizar la descarga desde el computador hacia la pantalla táctil se pueden usar varios métodos, mediante conexión serial (USB), Ethernet o guardando la aplicación directamente a la memoria externa de la pantalla táctil, en este caso, la descarga se realizó mediante la conexión USB

El software permite además importar directamente las variables del controlador M340, para ello en la programación del controlador las variables deben ser de tipo %M para valores discretos y %MW para valores análogos



Figura. VI.14. Variables importadas desde el controlador

PROGRAMACIÓN DE LA HMI

El software que se usa para la programación de la HMI es Wonderware Intouch, se escogió esta plataforma debido a que sobre ella está desarrollada la aplicación mediante la cual se realiza el control y monitoreo de los grupos de bombeo de la estación y a la cual posteriormente serán integradas las pantallas desarrolladas para el monitoreo del funcionamiento de los generadores

En estas pantallas el personal del área de operaciones procede a tomar datos técnicos de las variables que se están monitoreando ya sean estas temperaturas de Escapes, Agua de motor y presión de aceite del motor, así también se puede visualizar el estado en que se encuentran los generadores así también como los tiempos de funcionamiento de los mismos (Horómetros), dicha pantalla fue adicionada a la aplicación existente para control y monitoreo de los grupos de bombeo de la estación

Se diseñó 2 pantallas de monitoreo, en la primera pantalla se muestra el estado de los dos generadores, dependiendo el estado de la variable de monitoreo que el selector de generador se encuentre ya sea (0) para generador 1, o (1) para generador 2.

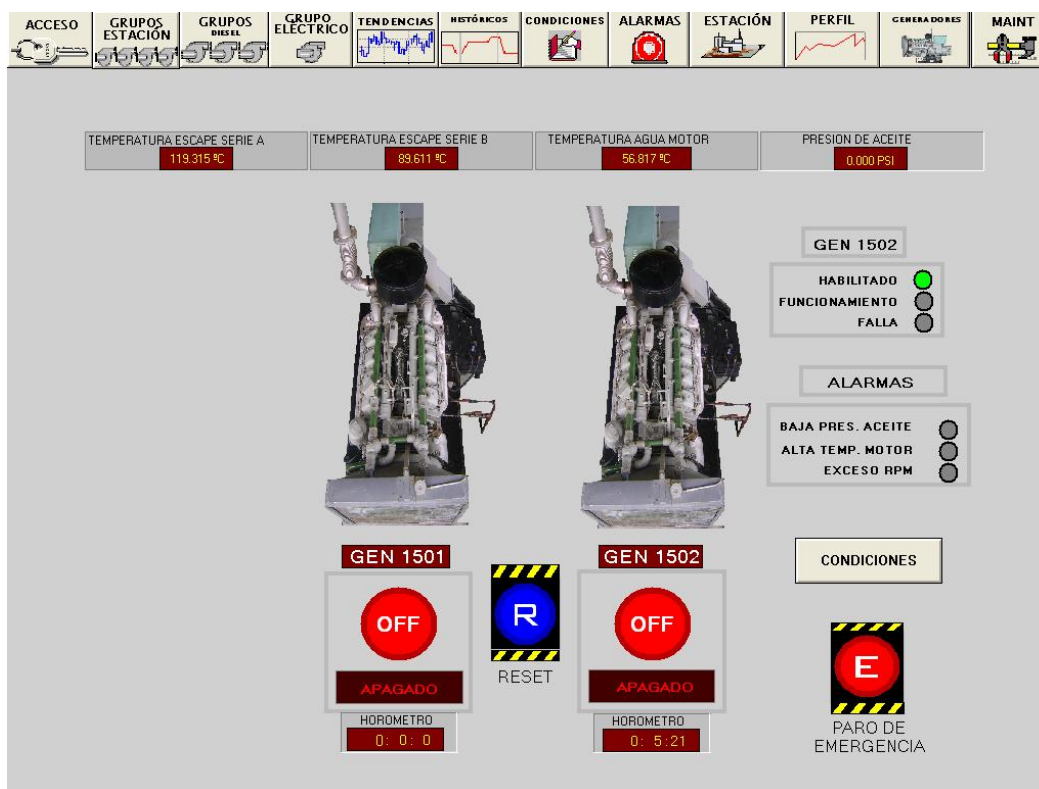


Figura. VI.15. Pantalla general de monitoreo

La segunda pantalla diseñada sirve para el monitoreo de cada generador independientemente, en dicha pantalla se muestra las variables de temperaturas de Escapes, Agua de motor y presión de aceite del motor, horas de funcionamiento del generador, alarmas, ya sean estas de baja presión de aceite, sobre revolucion del motor, alta temperatura del motor, el estado del generador es decir si se encuentra habilitado, funcionando o si tiene alguna falla en el momento de su arranque así también se visualiza si este presenta algún tipo de emergencia y su respectivo botón de reset

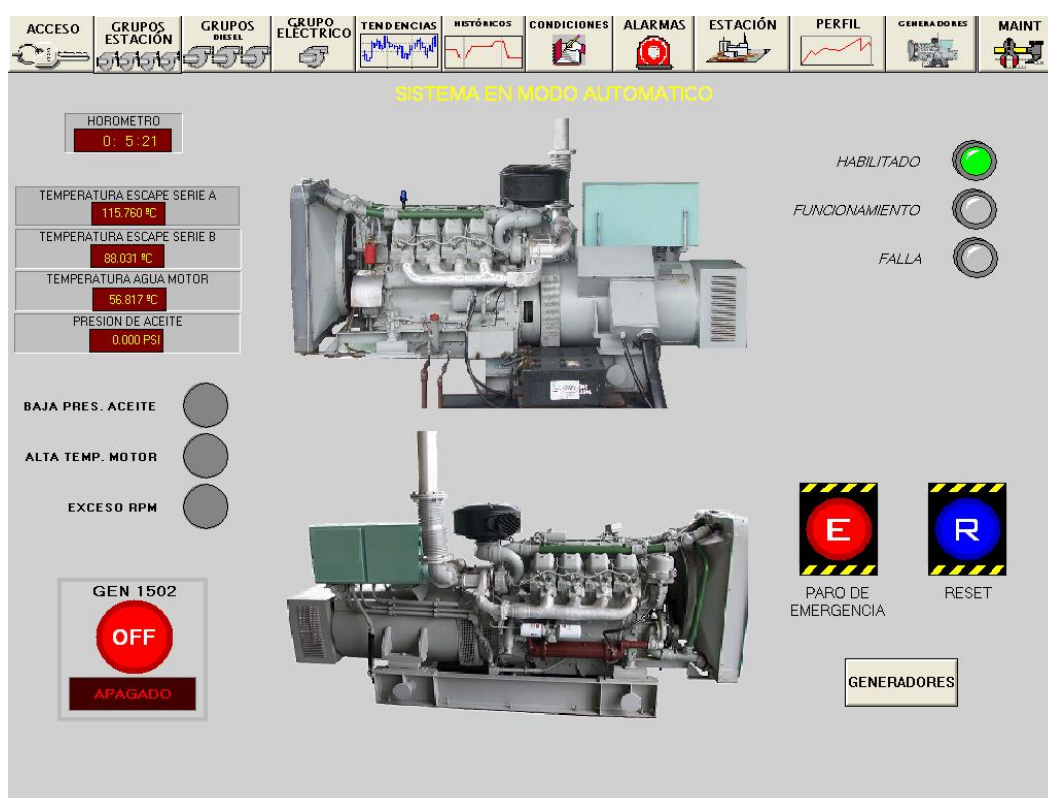


Figura. VI.16. Pantalla de monitoreo independiente (Generador1 o Generador2)

Se adiciono a la pantalla de mantenimiento de los horómetros de los grupos de bombeo parámetros para el seteo de las horas de funcionamiento del generador en el cual se podrá introducir el último dato proveniente de la bitácora de operación, así como el tiempo que se le asigna para el funcionamiento del motor de arranque

CAPÍTULO VII

IMPLEMENTACIÓN

TABLERO KUHSE

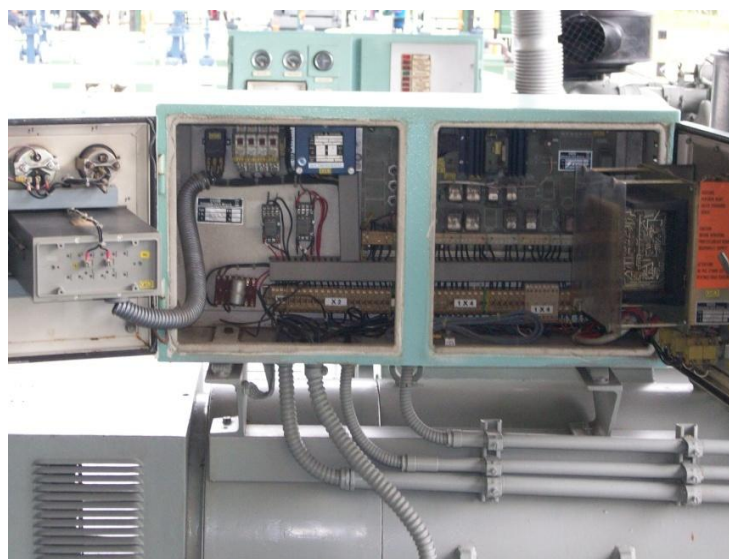


Figura. VII.1. Tablero Kuhse original

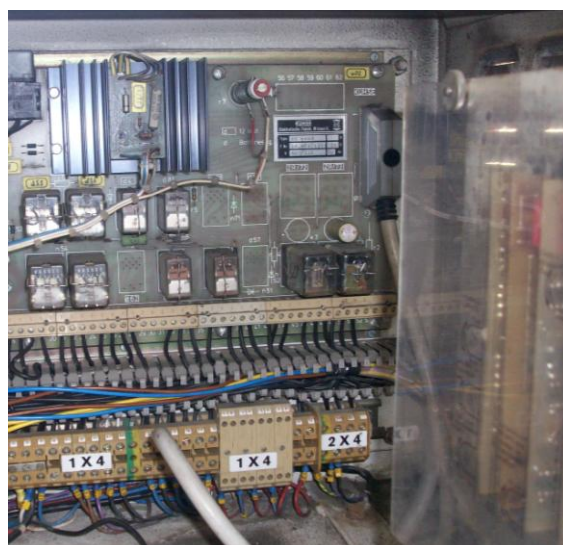


Figura. VII.2. Tarjeta principal (encargada de la secuencia de arranque)

Inicialmente se procedió a desmontar los elementos que conformaban el tablero Kuhse; en la Figura.VII.1. se puede apreciar el tablero Kuhse original con sus respectivas tarjetas de control y en la y Figura.VII.2. se muestra la tarjeta principal la cual realizaba la secuencia de arranque del generador y enviaba las señales de encendido o apagado de los indicadores luminosos

Posteriormente se retiraron todas las conexiones hacia los indicadores analógicos, manteniéndose únicamente el contactor de calentador de agua, los breakers de protección para el Motor de arranque (20A), Solenoide de Parada (10A) y Calentador de Agua (10A), además se mantuvo el dispositivo encargado de sensar las revoluciones y generar una señal discreta en caso de que exista un exceso de revoluciones en el motor



Figura. VII.3 Elementos del sistema anterior conservados en el diseño del nuevo tablero Kuhse

En lugar de los elementos componentes del sistema antiguo, se colocaron los elementos del nuevo sistema de control diseñado, compuesto de 4 relés, los cuales sirven para activar motor de arranque, calentador de agua, solenoide de parada, y un relé que permite el paso de la señal de control de los Switch, tanto el de baja presión de aceite así como el de alta temperatura del motor

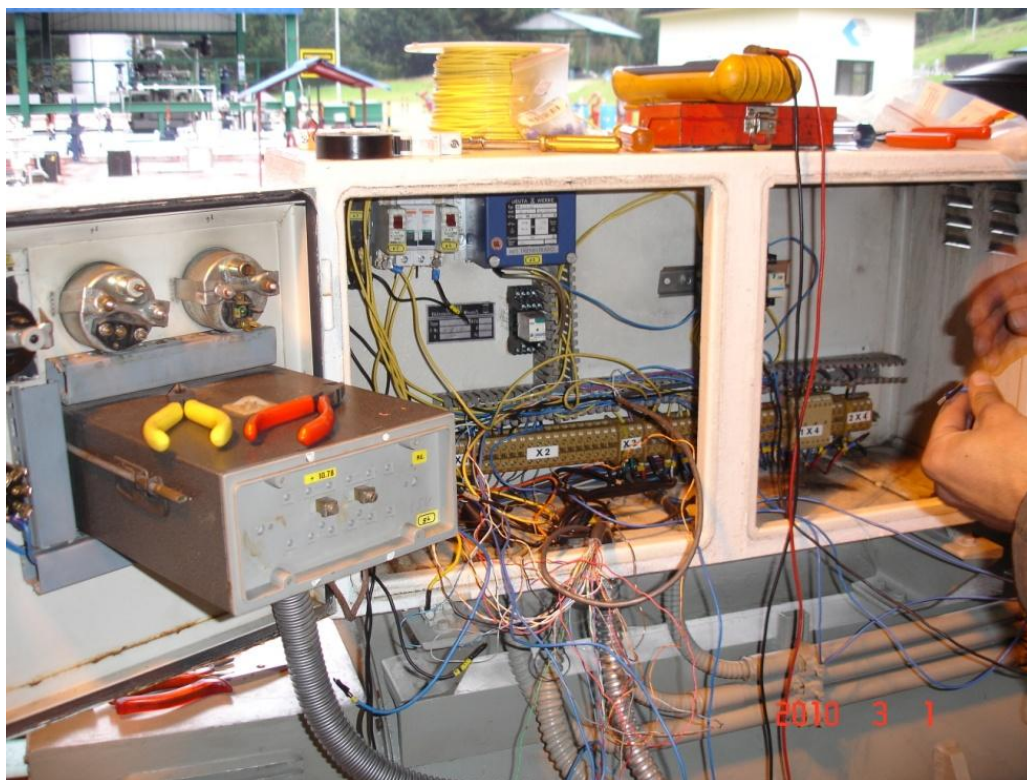


Figura. VII.4. Proceso de Implementación del tablero Kuhse (1)

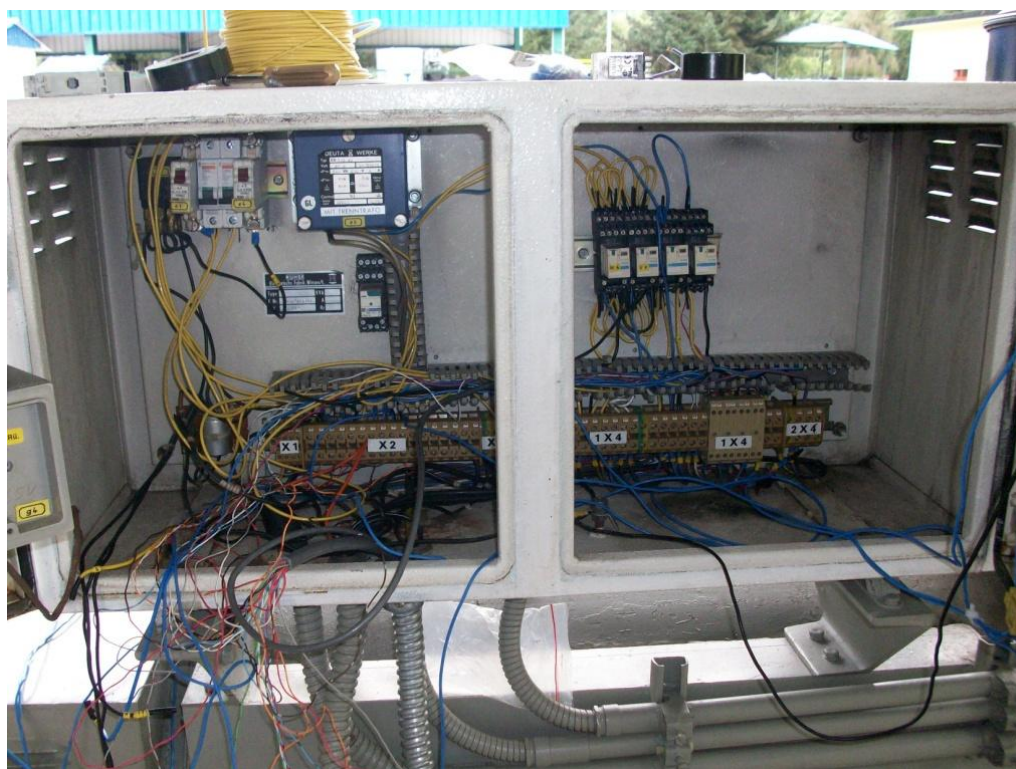


Figura. VII.5. Proceso de Implementación del Tablero Kuhse (2)

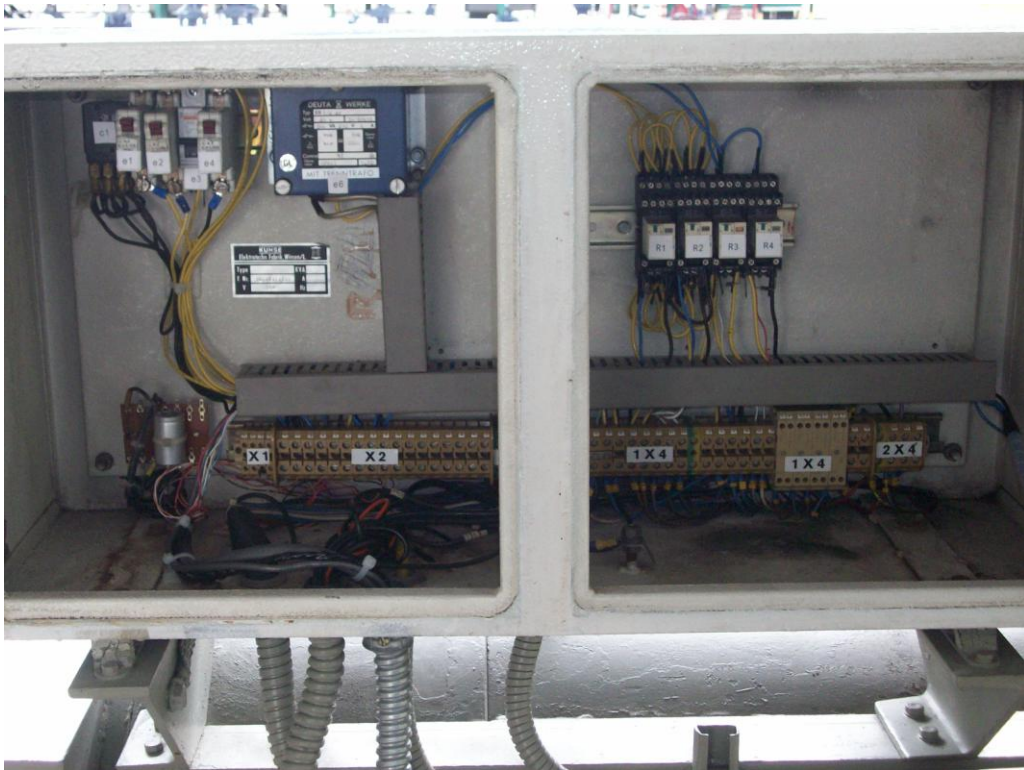


Figura. VII.6. Tablero Kuhse implementado

TABLERO DE TRANSFERENCIA



Figura. VII.7. Proceso de Implementación del Tablero de Transferencia (1)

En el caso del tablero de transferencia de energía, se procedió a retirar el controlador existente para sustituirlo por el controlador M340, manteniéndose todos los elementos sensores existentes y únicamente re cableando los elementos que así lo requerían



Figura. VII.8. Proceso de Implementación del Tablero de Transferencia (2)

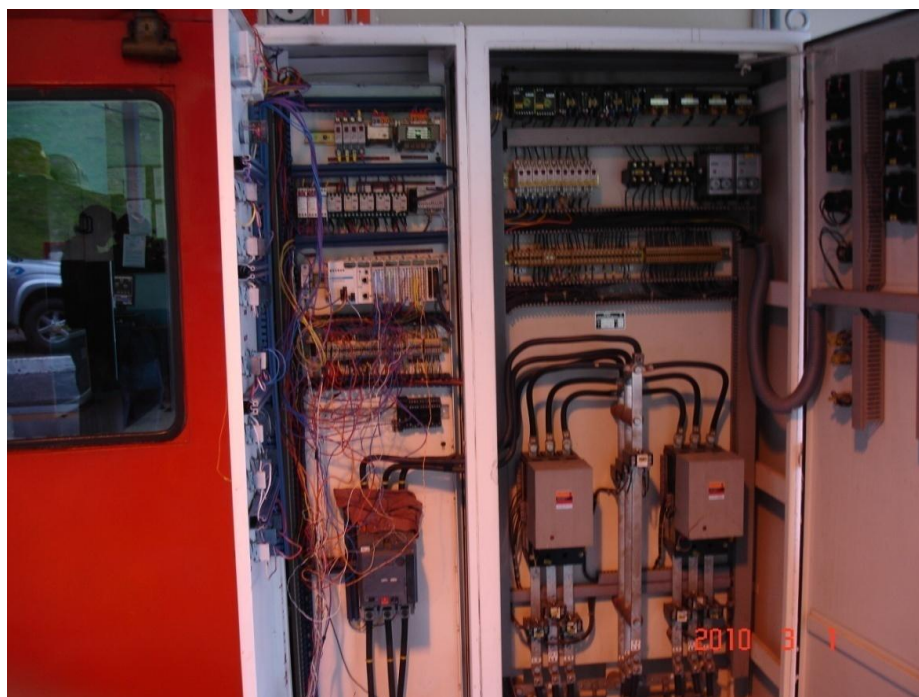


Figura. VII.9. Proceso de Implementación del Tablero de Transferencia (3)

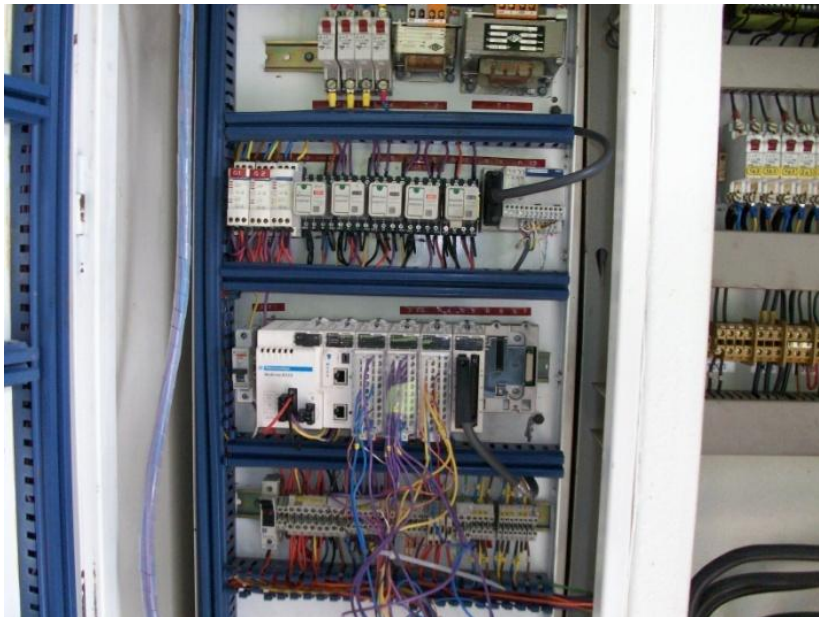


Figura. VII.10. Proceso de Implementación del Tablero de Transferencia (4)

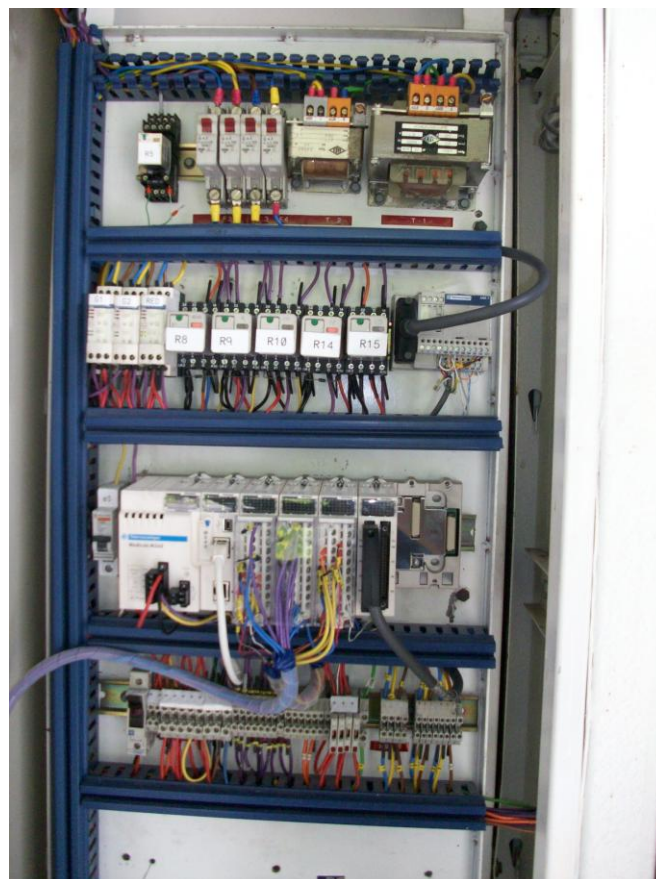


Figura. VII.11. Tablero de Transferencia implementado

Los planos de conexión del sistema actual se los puede observar en el ANEXO 7

CAPÍTULO VIII

PRUEBAS Y RESULTADOS

Se realizaron varias pruebas del funcionamiento del sistema tanto en modo manual como en modo automático

Algunos resultados evidenciaron fallos en el sistema, con dichas novedades se procedió a realizar los cambios necesarios en el software de manera que las pruebas consiguientes resulten exitosas

A continuación se listan las novedades registradas con sus respectivos correctivos y acciones tomadas para solucionarlas:

- **Cruce de fases (27/02/2010).** Dicha novedad se registró al momento de realizar la conmutación en modo manual, se activaron dos de los disyuntores al mismo tiempo y la energía de la red cruzo con la energía proporcionada por el generador de manera que se produjo un corto y afecto directamente al generador, dañando uno de los diodos rotatorios y de esta manera, inhabilitado al generador; **Solución.** Se procedió a cambiar el diodo rotatorio dañado de manera que el generador vuelva a proporcionar energía y se realizo protecciones mediante software que imposibiliten el accionamiento de dos disyuntores al mismo tiempo, dando prioridad al disyuntor que se encontraba cerrado en primera instancia y, en caso de cerrarse manualmente otro de los disyuntores, no permitir que la acción se ejecute sin que previamente se abra el otro disyuntor, además, al momento de abrir dicho disyuntor, se dio un tiempo de espera necesario para que los mecanismos internos de los disyuntores conmuten la energía adecuadamente
- **Disyuntor de red no cerró completamente (27/02/2010).** Dicha novedad se registro al momento de realizar la conmutación de energía en modo automático, los mecanismos internos de los disyuntores no contaban con el tiempo necesario para la completa apertura de los mismos, de manera que al momento que el disyuntor de red procedía a abrirse y se encontraba en una posición intermedia, el disyuntor del generador se cerro y

se produjo un corto afectando directamente al generador, dañando uno de los diodos rotatorios y de esta manera, inhabilitado al generador; **Solución.** Se procedió a cambiar el diodo rotatorio dañado de manera que el generador vuelva a proporcionar energía y se adiciono un tiempo de espera para que los disyuntores que van a proceder a cerrarse, esperen el tiempo necesario para que los disyuntores a abrirse accionen sus mecanismos internos y se desactiven por completo

- **Disyuntor de red no cerró (27/02/2010).** Dicha novedad se registro al momento de una falla total de la red (desactivación del Breaker en la acometida principal de la estación), al regresar la energía de red, el disyuntor no se accionaba; **Solución.** Se procedió a estudiar el funcionamiento interno del disyuntor y se determino que era necesario realizar un puente en las borneras del mismo, de manera que cuando las tres fases fallen, al retornar la energía nominal, el disyuntor pueda cargarse y cerrar normalmente
- **Depresiones de voltaje (01/03/2010).** Dicha novedad se registro cuando el sistema se encontraba funcionando en la noche, el generador se prendía y apagaba intermitentemente y en lapsos de tiempo muy cortos, esto debido a que en la noche por la gran cantidad de energía usada, al encenderse los compresores de aire se producían depresiones instantáneas de voltaje de manera que el sensor de falla de energía de red se activaba y desactivaba en lapsos de tiempo cortos, activando y desactivando así mismo el sistema de transferencia; **Solución.** Se procedió a adicionar en el software un tiempo de monitoreo de la energía de la red, de manera que de producirse depresiones instantáneas en la energía, el sistema no se active, así el sistema sensa por 3 segundos para asegurarse que hay una falla real de la energía de red, y de darse falla continua por dicho lapso de tiempo, accionando los procedimientos para que entre en funcionamiento el generador y se produzca la transferencia automática

En la Tabla.VIII.1. se registran las distintas pruebas realizadas con su respectiva duración y resultados obtenidos, así como de las novedades registradas y un breve comentario de las acciones tomadas para solventarlas

Fecha	Hora	Acción	Duración	Novedad	Solución
27/02/2010	09:00	Carga programa PLC	5 min	Éxito	-
27/02/2010	09:30	Prueba Modo Manual (con Carga)	2 horas	Cruce de fases	Tiempo de cierre de disyuntor
27/02/2010	11:31	Prueba Modo Automático (sin falla de red)	5 horas	Éxito	-
27/02/2010	16:30	Prueba Modo Automático (con falla de una fase)	3 horas	Disyuntor de red no cerró completamente	Tiempo para desactivación de mecanismos internos
27/02/2010	17:30	Prueba Modo Automático (con falta total de red)	18 horas	Disyuntor de red no cerró	Puente en las borneras del disyuntor
28/02/2010	11:30	Prueba Modo Manual (con Carga)	8 horas	Éxito	-
28/02/2010	19:30	Prueba Modo Automático (con falla de red)	24 horas	Éxito	-
01/03/2010	19:30	Prueba Modo Automático (sin falla de red)	120 horas	Picos de voltaje	Tiempo de análisis falla de red
06/03/2010	19:30	Prueba Modo Automático (con falla de red)	2 min	Éxito	-
06/03/2010	19:32	Prueba Modo Automático (sin falla de red)	22 horas	Éxito	-
07/03/2010	17:30	Prueba Modo Manual (con Carga)	24 horas	Éxito	-
08/03/2010	17:30	Prueba Modo Automático (sin falla de red)	40 horas	Éxito	-
10/03/2010	09:30	Prueba Modo Automático (con falla de red)	4 horas	Éxito	-
10/03/2010	13:30	Prueba Modo Automático (sin falla de red)	Actualidad	Éxito	-

Tabla. VIII.1. Registro de pruebas y resultados

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Gracias a la automatización del sistema de generación de energía eléctrica se logra optimizar tanto el control como el monitoreo del sistema, ya que al contar con interfaces gráficas disponibles en la misma sala de control, se facilitan las tareas de registro de las variables de interés, además, al sustituir los elementos de tecnología caduca, se logra una drástica reducción en la dimensión física del sistema implementado así como en el número de componentes que el sistema requiere, traduciéndose en una mejora en tanto a eficiencia y confiabilidad, como conclusiones específicas de la realización del presente proyecto, se tienen

- Es factible la automatización de sistemas que se encuentran funcionando con actuadores y dispositivos de tecnología de hace 30 años mediante dispositivos de última tecnología que actualmente se encuentran comercialmente disponibles
- El registro de datos es mucho mas eficiente y confiable si se lo realiza desde una interfaz grafica que si se lo realizara desde el campo (a pie de planta)
- La confiabilidad y eficiencia de los sistemas se ven mejoradas al reducir la cantidad de dispositivos que componen dicho sistema
- Gracias a los dispositivos de alta tecnología con los que se cuenta en la actualidad, se logran obtener tiempos de respuesta de los sistemas mucho más cortos
- Al ser el sistema de generación de energía eléctrica uno de los sistemas más importantes dentro del funcionamiento de una estación, la automatización del mismo pasa de ser beneficiosa a ser necesaria ya que en caso de desabastecimiento de energía por parte de la Empresa Eléctrica Quito S.A., el sistema de generación es el que da soporte para el funcionamiento de los demás procesos que se encuentran funcionando dentro de la estación
- Gracias a la automatización realizada se logra obtener un sistema más confiable y autónomo debido a la menor intervención de la manipulación humana en el proceso

RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar la aplicación del sistema diseñado e implementado en el presente proyecto a todas las estaciones de bombeo del Poliducto debido a los grandes beneficios obtenidos y a la considerable mejora en cuanto a confiabilidad, eficiencia y tiempo de respuesta del sistema
- Es recomendable el uso de analizadores de energía para evitar problemas de fluctuaciones en los valores de voltajes que puedan dar falsos valores y afectar directamente al sistema de transferencia automática de energía
- Para evitar que se presenten corto circuitos y daños al generador, es recomendable el uso de un sincronizador de fases (cosfímetro), de manera que si llega a darse una activación accidental de dos disyuntores, las fases simplemente se sincronicen y provean de alimentación a la carga en paralelo
- Se recomienda realizar los esfuerzos necesarios para la puesta en servicio del Generador 1, ya que el sistema está diseñado para el monitoreo y control de ambos generadores y además, de darse una eventual falla tanto de la energía de red como la proporcionada por el Generador2. no existiría un soporte adicional que asegure el suministro de energía eléctrica a la estación
- Se recomienda dar capacitación constante a los señores operadores de manera que no se manipulen innecesariamente los componentes del sistema, conllevando a desconfiguración y mal funcionamiento del mismo
- Es importante tomar en consideración la inclusión de protecciones tanto en hardware como en software para que, en caso de manipulación incorrecta del sistema, no se produzcan daños a los equipos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOELLER Franz – WERR, Theodore, *Electrotecnia general y aplicada*, II, 2ª ed., Labor, Barcelona 1961, 623 p.
- http://alerce.pntic.mec.es/~hmartin/electr%F3nica/componentes/generadores_archivos/image019.jpg, Generadores Eléctricos
- <http://telergia.blogs.com/telergia/images/2008/01/31/06.jpg>, Generador de corriente continua
- http://es.wikipedia.org/wiki/Generador_el%C3%A9ctrico, Generador Eléctrico
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Alternador>, Alternador
- <http://telergia.blogs.com/telergia/images/2008/01/31/06.jpg>, Generador de corriente continua
- http://www.unicrom.com/Tut_Generador_AC.asp, Generador AC
- <http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=19&m=21&idm=158&pat=20&n2=20>, Energía eólica
- http://es.wikipedia.org/wiki/Generaci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica, Generación de energía eléctrica
- <http://www.solarweb.net/solar-fotovoltaica.php>, Energía fotovoltaica
- <http://www.sinergal.net/generacion-energia-electrica-biomasa-forestal>, Generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal
- http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Rance_tidal_power_plant.JPG
- http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_mareomotriz, Energía mareomotriz
- <http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/tractores/john-deere/grupos-electrogenos/grupo-electrogeno-gh>, Grupos electrógenos
- http://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno, Grupo electrógeno
- <http://www.ecoticias.com/20080708-la-tecnologia-revolucionara-la-produccion-electrica-en-10-anos.html>, Generación de energía eléctrica
- <http://eya.swin.netr>, Comunicaciones Industriales
- GORDILLO, Rodolfo, *introducción1.pdf*, 1, 1, 2008, 39

-
- <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>, Redes Industriales
 - GORDILLO, Rodolfo, *profibuscomplet.pdf*, 1, 1, 2008, 32
 - <http://www.lst-bremen.de/engl/analoge-regler-ersatzteile.htm>

ANEXOS

ANEXO 1. Instrucción de Servicio para generadores sincrónicos sin escobillas con máquina excitatriz auxiliar LDW 13.04/1073 S

ANEXO 2. Datos de servicio del motor Diesel tipo DKBH

ANEXO 3. Diagramas de conexión del sistema de control y monitoreo actual

ANEXO 4. Presupuesto de materiales utilizados en la implementación (solo materiales fuera de stock de bodega)

ANEXO 5. Planos de conexión del sistema implementado

ANEXO 6. Programación del controlador M340 con el software UnityPro en lenguaje DFB (Diagrama en bloque de funciones)

ANEXO 7. Escalamiento de variables (Sensores Análogos)

ANEXO 1

“Instrucción de Servicio para generadores sincrónicos
sin escobillas con máquina excitatriz auxiliar
LDW 13.04/1073 S”

	Páginas
Índice para la Instrucción de Servicio LDW 13.04/1073 S	1, 2, 3
1. General	4
2. Normas	4
3. Tipos de construcción y de protección	4
4. Construcción mecánica y eléctrica de la máquina	4
4.1 Estator de la máquina principal	4
4.2 Rotor de la máquina principal	5
4.3 Estator de la excitatriz	5
4.3.1 Estator de la excitatriz a partir del tamaño 250	5
4.3.2 Estator de la excitatriz para tamaño inferior a 250	5
4.4 Rotor de la excitatriz	5, 6
4.5 Excitatriz auxiliar	6
4.6 Caja de bornes y regulador	6
4.6.1 Caja de bornes y "Tapa con regulador" para las máquinas a partir del tamaño 250	6, 7
4.6.2 Caja de bornes y regulador para máquinas de tamaño inferior a 250	7
4.7 Cojinetes	7
4.8 Refrigeración	7
4.9 Conector de puesta a tierra	8
5. Funcionamiento del regulador de Tensión	8
6. Características de servicio	9
6.1 Precisión de tensión y tiempos de regulación	9
6.2 Sobrecarga	9
6.3 Cortocircuito	9,10
6.4 Marcha en paralelo	10
6.4.1 Marcha en paralelo con la red	10,11
6.4.2 Marcha en paralelo de generadores iguales	11
6.5 Supresión de radiointerferencia	11
6.6 Dispositivo de ajuste del valor exigido	11
6.7 Excitación y desexcitación	12
7. Montaje del generador	12
7.1 Entrega y almacenamiento	12
7.2 Protección de transporte	12

	Páginas
7.3 Fundación	13
7.4 Montaje	13
7.5 Alineación	13
7.6 Conexión	14
7.7 Acoplamiento	14
7.8 Accionamiento por correa	14
7.9 Sentido de rotación	14, 15
8. Puesta en servicio del generador	15
8.1 Antes del primer arranque	15, 16
8.2 Arranque	16
8.3 Ajuste de la tensión nominal	16
8.4 Marcha individual	16
8.5 Marcha en paralelo	16
9. Conservación y mantenimiento	17
9.1 Cojinetes	17
10. Lista de fallas	17, 18, 19,
20	
11. Instrucciones para montajes parciales	20
11.1 Revisión de los cojinetes	20
11.1.1 Revisión de los cojinetes en las máquinas de tamaño 250 y superior	20, 21
11.1.2 Revisión de cojinetes en máquinas de tamaño inferior a 250	21
11.2 Cambio de cojinetes	21
11.2.1 Cambio de cojinetes, respectivamente desmontaje y montaje del rotor completo en máquinas a partir del tamaño 250	21
11.2.2 Cambio de cojinetes, respectivamente desmontaje y montaje del rotor completo en máquinas de tamaño inferior a 250	22
11.3 Cambio del rotor de la excitatriz	22
11.3.1 Desmontaje y montaje del rotor de la excitatriz, en máquinas a partir del tamaño 250	22, 23
11.3.2 Desmontaje y montaje del rotor de la excitatriz en máquinas de tamaño inferior a 250	23
11.4 Cambio de los rectificadores giratorios	23, 24

11.5 Desmontaje del regulador	24
	Páginas
11.5.1 Desmontaje de la "Tapa con regulador" en máquinas a partir del tamaño 250	24
11.5.2 Desmontaje del regulador en máquinas de tamaño inferior a 250	24
12. Repuestos	24
13. Regulador especial con Módulo V/f ZK5A	25
14. Dibujos, esquemas de conexión	25
14.1 Corte transversal del Generador	26
14.2 Vista en Despiece del Generador	27
14.3 Diagrama de conexión del Regulador de Tensión al Generador	28
14.4 Diagrama interno del Regulador de Tensión TR5D	29
14.5 Diagrama de conexión del Regulador de Tensión a la regleta principal L1 (instalación de un nuevo regulador de tensión)	30
14.6 Diagrama de conexión del Regulador especial con Módulo V/f ZK5A	31

1. General

La presente Instrucción de Servicio sirve para facilitar el montaje, la conexión y la puesta en servicio del generador. Además contiene instrucciones para montajes parciales, en caso de efectuar reparaciones.

2. Normas

Los generadores cumplen con las "Reglas para máquinas eléctricas, VDE 0530" y con las correspondientes normas alemanas (DIN), siempre que no se haya convenido la aplicación de otras normas o prescripciones especiales en el pedido.

3. Tipos de construcción y de protección

Los generadores trifásicos sin escobillas, tipo DKBH están compuestos de una máquina principal, una excitatriz trifásica con rectificadores rotatorios, una excitatriz auxiliar y un regulador de tensión trifásico con dispositivo de ajuste para el valor exigido. Las máquinas y los reguladores forman una unidad constructiva.

La fabricación normal de los generadores comprende los tipos de construcción B3 y B3/B5, B20, B5/B20. Se pueden suministrar otros tipos, según demanda. Las máquinas se fabrican en serie, con el tipo de protección IP 23 (P 22) para la máquina, y el tipo IP 44 (P 33) para la caja de bornes.

4. Construcción mecánica y eléctrica de la máquina

La máquina completa puede ser descompuesta en una serie de unidades funcionales las cuales se describen en los párrafos siguientes.

4.1 Estator de la máquina principal

La carcasa del estator se ejecuta en forma de una construcción de acero soldado. El paquete de láminas del estator, con su embobinado, se encuentra colocado sobre nervios longitudinales de la carcasa. El embobinado del estator está hecho de bobinas cuyos elementos se meten uno por uno en las ranuras semicerradas.

Dichas bobinas se ejecutan normalmente con aislación clase P, según VDE 0530. Las bobinas son fijadas mediante cuñas de material aislante. Las cabezas de las bobinas son rígidamente sostenidas contra los efectos de vibraciones y golpes. Los extremos del embobinado son conectados con los bornes principales mediante cables aislados.

4.2 Rotor de la máquina principal

El rotor lleva los embobinados rotatorios de campo, los polos mismos se hacen de láminas. Una jaula de amortiguación proporciona el efecto amortiguador necesario en caso de carga asimétrica y servicio en paralelo. El embobinado está sostenido por varillas axiales en la cabeza y por soportes en el espacio entre los polos. En el lado opuesto al accionamiento las varillas axiales en los extremos de los polos están prolongadas y forman, simultáneamente los polos de excitación de la excitatriz auxiliar.

LA = Lado de accionamiento

LOA = Lado opuesto al accionamiento

4.3 Estator de la excitatriz

4.3.1 Estator de la excitatriz a partir del tamaño 250

La excitatriz es un generador trifásico con polos exteriores. El está fijado en la tapa portacojinete LOA, mediante varios pernos. El estator puede ser macizo o bien, hecho de láminas. Los polos salientes llevan las bobinas de excitación. Dichas bobinas son conectadas en serie. Los extremos son marcados con $J_1 - K_1$ y conectados con la regleta de conexión bipolar L4.

4.3.2 Estator de la excitatriz para tamaño inferior a 250

Contrario a lo dicho bajo 4.3.1 el estator de la excitatriz está colocado a presión sobre, un soporte. Dicho soporte se encuentra apretado entra la carcasa del estator y la tapa portacojinete LOA.

4.4 Rotor de la excitatriz

El rotor del generador trifásico con polos exteriores está colocado sobre el eje de la máquina principal. El está siempre hecho de láminas. El embobinado trifásico está metido en las ranuras del paquete de láminas. El neutro del embobinado no está accesible. De cada fase del embobinado se sacan dos derivaciones que llegan hasta los rectificadores giratorios montados sobre dos elementos refrigeradores. Una de las dos derivaciones de una fase se conecta al diodo sobre el refrigerador positivo, mientras la otra se conecta al diodo sobre el refrigerador negativo. Se puede hacer una conexión soldada, o bien, una conexión apernada. Ambos tipos de conexión requieren precauciones especiales cuando se procede a cambiar un diodo giratorio. (Véase el párrafo "Cambio de rectificadores giratorios").

Los dos elementos de refrigeración llevan celdas de diferentes polaridades. Dos derivaciones salen de los refrigeradores positivos y negativos y llegan al rotor de la máquina principal. Para proteger los rectificadores giratorios contra sobretensiones provenientes del rotor de la máquina principal, el rotor lleva un manguito de amortiguación, o bien, se atornilla sobre el refrigerador negativo, una resistencia dependiente del voltaje (diodo U). Mediante dos cables esta resistencia va conectada con los refrigeradores positivos y negativos, respectivamente.

4.5 Excitatriz auxiliar

La excitatriz auxiliar es una máquina con polos exteriores cuyos polos excitantes giratorios están formados por las varillas axiales prolongadas, en los polos del rotor de la máquina principal.

El paquete de láminas ranuradas del estator lleva un enrollado trifásico cuyos extremos están conectados con los bornes 1, 2 y 3 ubicados sobre la regleta de conexión, en la caja de bornes de la máquina. El paquete de láminas a su vez está céntricamente soportado por varios brazos.

4.6 Caja de bornes y regulador

4.6.1 Caja de bornes y "Tapa con regulador" para las máquinas a, partir del tamaño 250

Mirando desde el lado del accionamiento, la caja de bornes está normalmente ubicada a mano derecha, en la tapa portacojinete LOA. La entrada de los cables es por abajo. En la caja izquierda se encuentra la "Tapa con regulador" (montada sobre elementos metálicos de amortiguación) y el dispositivo de ajuste para el valor exigido. (Dispositivo accesible desde afuera). Según demanda, los generadores pueden ser suministrados con la caja de bornes ubicada a mano izquierda, y la "Tapa con regulador" a mano derecha. Un cambio posterior de la ubicación de la caja de bornes y de la "Tapa con regulador" hacia el lado opuesto es posible. Sin embargo, se recomienda encargar este trabajo a un taller de la AEG. Para realizar dicho cambio es necesario modificar una parte del alambrado interior.

Las cajas de bornes pueden ser giradas en 180°, por lo cual es posible introducir los cables desde arriba. Normalmente, los generadores tienen 4 puntos de

conexión para los bornes U, V, W y Mp. El punto neutro Mp está accesible y aislado. En la caja de bornes se encuentra además la regleta de conexión Ll y, si es necesario, el condensador para la supresión de la radiointerferencia k2.

Antes de poner en marcha el generador, se debe comprobar la ubicación correcta de los puentes en la regleta Ll, consultando el esquema de conexión que acompaña al generador.

Desde el punto de vista mecánico, la "Tapa con regulador" es una unidad independiente, con sus regletas de conexión a las cuales se conecta el haz entero de cables de la máquina. Además, se encuentra ubicado allá el potenciómetro para el ajuste del valor exigido. Dicho potenciómetro se maneja desde afuera.

4.6.2 Caja de bornes y regulador para máquinas de tamaño inferior a 250

Mirando desde el lado del accionamiento, la caja de bornes está normalmente ubicada a mano derecha, fijada por soldadura en la carcasa del estator, y la introducción de los cables es desde abajo.

En la caja de bornes están montados la tabla de conexión principal, el regulador, la regleta de conexión Ll, el dispositivo de ajuste del valor exigido (potenciómetro) y, si es necesario, el condensador para la supresión de la radiointerferencia k2.

También es posible prever la ubicación de la caja de bornes a mano izquierda, mirando desde el lado del accionamiento. Sin embargo, esto debe ser indicado al hacer el pedido. Posteriormente no se puede efectuar el cambio. Lo mismo vale para la introducción de los cables desde arriba.

4.7 Cojinetes

El eje del generador tiene rodamientos en la mayoría de los tipos de construcción, un rodamiento de bolas o de rodillos en el lado del accionamiento, y un rodamiento de bolas en el lado opuesto del accionamiento. El último fija la posición axial del rotor. En las máquinas a partir del tamaño 250 ambos rodamientos tienen dispositivos de engrase junto con un dispositivo de control. Las máquinas de tamaño menor tienen

rodamientos normales blindados, con lubricación permanente. Dichos rodamientos deben ser cambiados después de 20.000 horas de servicio aproximadamente.

4.8 Refrigeración

Los generadores tienen ventilación propia. El ventilador está ubicado en el lado de accionamiento del rotor. El aire va aspirado pasando por canales de ventilación en el lado LOA, en dirección axial, y después por los canales de refrigeración de la excitatriz y de la máquina principal. Finalmente, el aire sale por aperturas radiales en la tapa portacojinete LA.

4.9 Conector de puesta a tierra

El conector de puesta a tierra ubicado en un pie de la carcasa sirve para la correcta conexión a tierra del generador, de acuerdo con VDE 0100 y 0141.

5. Funcionamiento del regulador de Tensión

El regulador de tensión tiene la función de mantener constante la tensión del generador, o sea, independiente de la carga. Se quiere que la variación de tensión causada por una variación brusca de la carga quede rápidamente regulada. Esto se obtiene debido a que el regulador ajusta la excitación de la máquina excitatriz. El regulador de tensión que cumple con esta función va alimentado por una tensión trifásica, desde el estator de la excitatriz auxiliar. Dicha tensión va rectificadas y aplicada al campo de excitación a través de un transistor de operación p4.

La tensión de alimentación del regulador llega a los bornes 1, 2 y 3 de la regleta L2. En los bornes 1 y 3 respectivamente 1 y 4 de la regleta L3 se encuentra la tensión del generador (Valor real). Dentro del regulador se realiza la comparación de los valores exigidos y reales. La diferencia de regulación se amplifica mediante un amplificador de operación p1, con sistema de reposición PI. La salida del regulador controla un transistor p2 el cual, a su vez, controla el transistor de unijunción p3. Dicho transistor de unijunción influye sobre el tiristor n7 el cual, a su vez, provoca el restablecimiento del estado de bloqueo del transistor de operación p4. Mediante las resistencias r18 y r19 y el diodo Zener n6 el transistor p4 es llevado al estado de conducción.

En algunos casos se conecta una resistencia r13 en paralelo con el transistor p4 para facilitar la autoexcitación. (Véase también párrafo 6.7) Debido a que la excitación de la excitatriz auxiliar depende de la carga, la corriente de excitación que recibe el generador es

suficiente para mantener un múltiplo de la corriente nominal como corriente de cortocircuito permanente, considerando cualquier tipo de cortocircuito.

Si se quiere usar un dispositivo separado para ajustar el valor exigido, se conecta una resistencia de ajuste con los bornes 6 y 8 de la regleta de conexión Ll. En caso de servicio en paralelo (véase 6.4.1) el transformador de medida estático, con razón $J_N:1$ A, que debe ser medido en la fase V, se conecta con los bornes 7 y 9 de la regleta Ll. Eligiendo adecuadamente las resistencias Br2 se puede ajustar una caída de tensión de aprox. 5 % de la tensión nominal, en función de la carga reactiva.

6. Características de servicio

6.1 Precisión de tensión y tiempos de regulación

La precisión de tensión estacionaria asciende a $\pm 1\%$, independiente del calentamiento del generador y para todos los factores de potencia entre $\cos \Phi = 0$ (sobreexcitado) y $\cos \Phi = 1$.

La construcción normal de los generadores implica la característica de tensión constante ($U = \text{const.}$), es decir, la tensión en los bornes del generador se mantiene constante, para las velocidades usuales estáticas de la máquina de accionamiento de 1 a 6%, sin calentamiento excesivo del regulador.

Si, en caso de una regulación $U = \text{const.}$, la máquina corre con velocidad baja, durante un tiempo considerable, (p. ej. accionamiento por turbina) es necesario desexcitar la máquina. Si no, se pueden producir daños en los diodos giratorios y en el regulador.

Cuando se aplica la carga nominal en forma brusca, se produce una caída de tensión de aprox. 18% (depende de la máquina) la cual queda completamente regulada dentro de 0,2 a 0,5 seg (según el tipo de generador).

6.2 Sobrecarga

Las máquinas son dimensionadas de tal manera que cumplan con las condiciones de sobrecarga indicadas en las normas correspondientes, sin presentar un calentamiento excesivo. Sin embargo, en este caso no se puede asegurar la misma precisión de

tensión. La sobrecarga hasta 2 veces la corriente nominal del generador durante 20 seg, debido al arranque de motores, es admisible.

Un aumento posterior de la potencia de la máquina, con motivo de una reducción de temperatura del aire de entrada, no es aplicable, excepto con nuestro consentimiento.

6.3 Cortocircuito

En caso de un cortocircuito de bornes se presenta primero la corriente transiente. Su intensidad es independiente del tipo de excitación. En cambio, la corriente de cortocircuito permanente que se produce, depende del sistema de excitación.

Considerando el presente sistema de excitación, un cortocircuito trifásico produce una corriente de cortocircuito permanente superior a 1,5 veces la corriente nominal del generador. Normalmente, se sobrepasa 3 veces la corriente del generador. Para las máquinas el tiempo admisible de cortocircuito asciende a 5 segundos, como máximo.

6.4 Marcha en paralelo

Todos los generadores pueden ser usados para la marcha en paralelo con la red o con otros generadores, siempre que estén equipados con un enrollado de amortiguación. Por principio, se debe evitar una sincronización falsa, debido al peligro que se produce para la máquina. Sin embargo, se han previsto ciertos medios que protegen los rectificadores giratorios, en caso de una sincronización falsa.

Si los generadores están previstos para trabajar en paralelo, con punto neutro común o puesto a tierra, generalmente se necesita una reactancia de punto neutro. Se puede prescindir de la reactancia de punto neutro, si la tensión de línea en todas las máquinas está exenta de armónicas, o bien, si se usan para la marcha en paralelo exclusivamente generadores idénticos de nuestro programa de fabricación. Sin embargo, se deben respetar además las instrucciones siguientes.

6.4.1 Marcha en paralelo con la red

En este caso se debe instalar en el tablero un transformador de corriente de estabilización separado Bf1, para asegurar una caída de tensión dependiente de la corriente reactiva. Sin embargo, el transformador de corriente se suministra solamente si así se indica expresamente en el pedido. La conexión del

transformador de medida estático se efectúa en los bornes 7 y 9 de la regleta L1 en la caja de bornes de la máquina. En casos especiales, el transformador de medida estático puede ser incorporado en la máquina.

La resistencia estática Br2 es una resistencia fija y cada vez adaptada a la máquina. Dicha resistencia produce una caída de tensión de aprox. 5% con una corriente reactiva igual a la corriente nominal. La resistencia está instalada dentro del regulador. En casos especiales se pueden realizar también caídas de tensión de hasta 10%.

Si la estática reactiva debe ser ajustable sin escalones, una resistencia de ajuste separada de 5 Ohms y 10 W debe ser conectada en paralelo con los bornes secundarios del transformador de medida estático. El uso posterior de esta resistencia ajustable también es posible. Una vez instalada la resistencia ajustable estática, es indispensable eliminar el puente o las resistencias fijas Br2 que reemplazan el puente en el regulador.

Durante la marcha en paralelo, mientras la distribución correcta de la potencia efectiva depende del ajuste de la máquina de accionamiento, la distribución correcta de la carga reactiva depende de la excitación del generador. Ella puede ser ajustada mediante el dispositivo de ajuste del valor exigido. Se entiende que la precisión de tensión mencionada en el párrafo 6.1 no sigue válida, cuando se aplica la estática reactiva.

6.4.2 Marcha en paralelo de generadores iguales

Si se exige la marcha en paralelo exclusivamente para tipos de generadores idénticos y con potencias iguales, se obtiene una distribución uniforme de la carga reactiva solamente mediante la estática reactiva. El transformador de corriente necesario para esta finalidad se suministra si así está expresamente indicado en el pedido.

6.5 Supresión de radiointerferencia

La construcción normal de los generadores corresponde a las exigencias para la supresión de radiointerferencia, Grado G, según VDE 0875, siempre que no se hayan establecido otras condiciones en el pedido.

Se entiende que los generadores también pueden ser suministrados para los Grados de radiointerferencia N y K, según VDE 0875. La conexión de los elementos de protección se desprende siempre de los esquemas de conexión que se agregan a la máquina. Para efectuar mediciones de aislamiento los condensadores de radiointerferencia deben ser desconectados.

6.6 Dispositivo de ajuste del valor exigido

Cada máquina tiene un dispositivo de ajuste del valor exigido, en forma de un reóstato de ajuste incorporado que lleva un fijador de posición de ajuste. Dicho dispositivo está instalado en la "Tapa con regulador" o en la caja de bornes, en todo caso, accesible desde afuera. Si se demanda un dispositivo de ajuste separado, este debe ser conectado con los bornes 6 y 8 de la regleta Ll en la caja de bornes.

En tal caso, el dispositivo de ajuste incorporado no debe ser desmontado. Solamente se le pone fuera de servicio, girando el elemento de ajuste hasta el tope izquierdo. Para hacer la conexión se debe consultar el esquema de conexión que se suministra con la máquina.

Normalmente, el dispositivo de ajuste del valor exigido trabaja con una zona de ajuste $\pm 5\%$ de la tensión nominal. Para casos normales, esta zona, es suficiente para ajustar la carga reactiva, también en el caso de la marcha en paralelo con la red.

6.7 Excitación y desexcitación

La autoexcitación va provocada por la tensión de remanencia de la máquina. Debido a la conexión en serie de las máquinas excitatrices y la máquina principal la tensión de remanencia de una máquina sin escobillas es mayor que aquella de una máquina sin excitatriz. La zona de los valores posibles de la tensión de remanencia es muy grande y depende mucho del fierro activo de las excitatrices así como también de las excitaciones previamente ocurridas.

Por lo tanto, al efectuar trabajos de montaje, las máquinas sin escobillas deben ser paradas (la desexcitación sola no es suficiente). La desexcitación del generador puede efectuarse abriendo el puente entre I_1 e I_{11} , en la regleta Ll. Para esta finalidad un interruptor para 6 A es suficiente. La desexcitación reduce la tensión del generador, en los bornes principales abiertos, hasta la tensión de remanencia.

Una reexcitación, aunque sea inmediatamente después, puede ser efectuada sin dificultad alguna. En tal caso, se recomienda conectar en paralelo con el enrollado de excitación una resistencia de protección de 200 Ohms. Conexión de la resistencia con los bornes J_1 y K_1 en la regleta Ll. Es inadmisibles cortocircuitar 1 y K, porque así se pondría en peligro el transistor p4.

7. Montaje del generador

7.1 Entrega y almacenamiento

Se debe controlar cuidadosamente si en el transporte se han producido daños en el generador y los accesorios. Si se detectan daños de transporte, se debe informar inmediatamente la empresa de transporte y la AEG, para poder presentar la reclamación al seguro.

Los cables de elevación deben ser fijados exclusivamente en los cáncamos del generador, por ningún motivo en el eje. El izado y el bajado de los generadores deben efectuarse sin golpes para evitar daños en los cojinetes. Si el generador no puede ser puesto en servicio inmediatamente después de llegado, no debería dejárselo a la intemperie o almacenado en locales húmedos, para evitar un perjuicio de la resistencia dieléctrica. El generador debe ser almacenado en un lugar exento de vibraciones para evitar picaduras en los rodamientos.

7.2 Protección de transporte

En los tipos de construcción B2 o B16 se recomienda no retirar la protección de transporte antes de la colocación definitiva del generador sobre la fundación.

7.3 Fundación

Para efectuar el ensamble con la máquina de accionamiento, se debe colocar el generador sobre un marco base o bloques de fundación, en ningún caso directamente sobre la fundación misma. Los hoyos para los pernos de anclaje deben ser llenados con hormigón de la misma proporción de mezcla. Es inadmisibles apretar los pernos de anclaje mientras el hormigón no haya alcanzado su firmeza suficiente.

7.4 Montaje

El generador debe tener suficiente afluencia de aire fresco, el lugar debe ser seco y fácilmente accesible. Asimismo se debe cuidar de que el aire de salida pueda salir

libremente. Por ningún motivo la máquina debe ser colocada tal que el aire caliente de salida va aspirado de nuevo (cortocircuito de aire).

En los generadores del tipo B2 y B16 el rotor va sujeto, antes de proceder al despacho, mediante una cubrejunta montada en el lado de la brida, para evitar daños mecánicos en el generador, durante el transporte. Al efectuar el montaje, no se retira la cubrejunta, hasta que el generador esté completamente alineado. La cubrejunta se elimina antes de poner en marcha el generador. A pesar de esta precaución es necesario controlar el entrehierro y comprobar que el rotor, en la dirección axial, esté bien ubicado en la posición media magnética. La placa colgante proporciona las instrucciones necesarias para efectuar el ajuste axial.

Al apretar los pernos de fijación se debe cuidar estrictamente de no deformar la carcasa del generador.

7.5 Alineación

Los generadores deben ser cuidadosamente alineados. El eje no debe presentar ninguna desviación angular o desplazamiento paralelo con respecto a la máquina de accionamiento. Para ajustar la altura de los ejes, se meten suples de lata debajo de los pies de la carcasa. El ajuste preciso de ambos ejes, en sentido axial y radial, se realiza mediante relojes de medición, o sea, se verifican las diferencias durante una vuelta entera de la aguja.

La desviación de los ejes de la posición central no debe sobrepasar 0,03 mm. Además, midiendo la distancia entre las piezas de acoplamiento en cuatro puntos de la circunferencia, las diferencias no deben ser superiores a 0,03 mm.

7.6 Conexión

La tensión trifásica del generador se toma en los bornes principales U, V, W, mientras la corriente monofásica se toma en los bornes principales U y V. El neutro se conecta con el borne principal Mp. La construcción normal del generador no permite el cambio de conexión estrella - delta o al revés (salvo las máquinas previstas para cambio de tensión).

Los extremos de los cables de la red deben ser equipados con terminales los cuales se atornillan a los bornes principales, en forma bien apretada. Previamente, los terminales desnudos deben ser ligeramente engrasados con vaselina. Su posición debe ser tal que la distancia de los terminales vecinos y de las paredes de la caja de bornes es la mayor posible. No se debe olvidar la conexión a tierra usando el borne correspondiente en el pie de la carcasa.

7.7 Acoplamiento

Los acoplamientos que se usan deben ser apropiados para transmitir el puro momento giratorio sin que se formen fuerzas transversales. Por lo tanto, las superficies activas deben ser trabajadas. Los centros de los ejes deben encontrarse en una línea recta. Esta exigencia vale tanto para los acoplamientos elásticos como también para los rígidos, entre el generador y la máquina de accionamiento. El acoplamiento elástico no tiene la función de compensar imprecisiones de montaje. Su función es más bien absorber los golpes de la máquina de accionamiento. La extracción del acoplamiento debe hacerse siempre con un extractor y nunca por golpes. Lo mismo vale para el montaje. Se debe cuidar de la compensación dinámica, la cual siempre debe hacerse sin colocar las chavetas, porque los rotores de las máquinas eléctricas ya están compensados con la chaveta puesta, (según DIN 45 665 y VDI 2060).

7.8 Accionamiento por correa

El accionamiento por correa es posible sin objeciones respetando las siguientes condiciones:

- El diámetro exterior de la polea no debe ser inferior a $2/3$ del diámetro de la carcasa del generador.
- El límite superior está dado por el peso.
- El ancho de la polea no debe sobrepasar el largo del fin del eje.
- Si se desean otras dimensiones, se recomienda consultar al fabricante.

7.9 Sentido de rotación

Mirando el lado de accionamiento del generador, el sentido de rotación normal es el sentido de la aguja del reloj (a la derecha). De acuerdo con VDE 0530 los bornes de los generadores son marcados de tal manera que la secuencia alfabética U, V, W de la

designación de bornes coincide con la secuencia temporal de las fases, si el generador gira en el sentido de la aguja del reloj. Esta regla vale para todas las máquinas sin tomar en consideración su potencia y su tensión, aun cuando la máquina no es apropiada para trabajar en el sentido de rotación "a la derecha".

Antes de poner en marcha el generador se debe verificar la coordinación de la secuencia de fases con el sentido de rotación. Los generadores que son apropiados para un sentido de rotación solamente, tienen en la placa de características una flecha cuya punta muestra hacia la derecha, si la máquina debe girar "a la derecha", además se agrega la palabra "solo", delante de la flecha. Si la máquina debe girar "a la izquierda", la punta de la flecha muestra hacia la izquierda, y también se agrega la palabra "solo", delante de la flecha. Todo esto de acuerdo con VDE 0530.

Debajo de la flecha se coloca la designación de bornes U, V, W, si se trata de marcha "a la derecha", y la designación V, U, W, si se trata de marcha "a la izquierda". La autoexcitación es independiente del sentido de rotación.

8. Puesta en servicio del generador

En la fábrica se toman algunas precauciones para proteger el generador. Aparte de las protecciones mecánicas de transporte el regulador queda eléctricamente puesto fuera de servicio, de modo que el generador siendo acoplado a una máquina de accionamiento no pueda autoexcitarse. Cuando se desea que el generador se autoexcite, los puentes en la regleta L1 deben ser colocados de tal manera que tomen su posición de servicio, de acuerdo con el esquema de conexión suministrado con la máquina.

8.1 Antes del primer arranque

Después del montaje o después de un reposo prolongado, el generador debe ser cuidadosamente limpiado, eliminando el polvo y los restos del embalaje que posiblemente aun se encuentran pegados. El rotor del generador debe girar libremente, sin necesidad de aplicar mucha fuerza. Especialmente, se deben observar y verificar los siguientes puntos:

- ¿Se encuentra el generador correctamente anclado?, ¿Fueron eliminadas las protecciones de transporte? (para los tipos de construcción B2 ó B16).
- ¿Fueron correctamente montados los elementos de acoplamiento, de acuerdo a las

instrucciones de mantenimiento?, ¿Están los acoplamientos llenados con el aceite prescrito?, ¿Están los cojinetes correctamente lubricados? (después de un reposo prolongado).

- ¿Ha sido realizada la conexión de acuerdo con el esquema suministrado junto con la máquina? (verificar la posición de los puentes en la regleta Ll con el esquema de conexión)
- En caso que esté previsto un dispositivo separado para el ajuste del valor exigido, ¿está conectado dicho dispositivo?
- ¿Están los cables de la red correctamente conectados a los bornes principales, de modo que no pueda producirse ningún cortocircuito o descarga?
- ¿Está el generador correctamente conectado a tierra?, ¿Se midieron valores satisfactorios para la resistencia de aislación?

Un polo del circuito de excitación está conectado con la carcasa.

8.2 Arranque

Una vez ejecutados los controles, se puede proceder a la primera puesta en servicio. Tomando velocidad, el generador se excita hasta llegar a la tensión nominal, con eso, el generador está en condición de servicio y puede tomar carga.

8.3 Ajuste de la tensión nominal

En la fábrica, los generadores son probados con el dispositivo de ajuste del valor exigido, según el pedido, es decir, con el dispositivo incorporado o separado. Además, el generador va ajustado a la tensión nominal. Si el dispositivo de ajuste Srl se encuentra correctamente sujetado mediante el mecanismo de sujeción, sin que se hayan hecho reajustes posteriores, el generador se excita siempre a la tensión nominal, cuando se le pone en marcha.

Si eso no fuera el caso, se debe corregir la posición del dispositivo Srl, y a continuación, dicho dispositivo debe ser asegurado mediante el mecanismo de sujeción, contra cualquier desajuste no intencionado.

8.4 Marcha individual

Si el generador se excita hasta llegar a la tensión nominal, se puede inmediatamente aplicar la plena carga.

8.5 Marcha en paralelo

Si está prevista la marcha en paralelo con la red o de varios generadores entre sí, se debe verificar la conexión correcta de los accesorios necesarios (véase párrafo 6.4 Marcha en paralelo)

9. Conservación y mantenimiento

De vez en cuando, el generador debe ser limpiado, eliminando polvo y aceite. Para tal fin, el generador debe ser parado. Si el limpiado en seco no fuera posible, se pueden usar detergentes, siempre que ellos no ataquen los materiales aislantes. Recomendamos usar bencina blanca o percloroetileno. Los generadores destinados a trabajar como grupo de emergencia deberían ser cargados en intervalos de 1 a 2 meses, cada vez por 2 o 3 horas, según el grado de humedad en el lugar de montaje.

9.1 Cojinetes

Los generadores del tamaño 250 y superior, tienen rodamientos y dispositivos incorporados para el control de la lubricación. De acuerdo con el número de horas de servicio indicado en la placa portacojinete, los rodamientos deben ser engrasados aplicando la cantidad de grasa indicada. Solamente debe usarse grasa para rodamientos, de óptima calidad, a base de litio. La cantidad de grasa prescrita puede ser introducida a presión en el rodamiento, usando una prensa de engrase.

Al efectuar el suministro, los rodamientos van llenados con la cantidad de grasa prescrita. Después del tercer engrase, la grasa usada debe ser quitada de la cámara de reserva, retirándose las placas portacojinetes. Los rodamientos deberán ser cambiados solamente en caso de producirse ruido fuerte, temperatura excesiva, marcha inquieta, o bien, con ocasión de una revisión de rutina.

Las máquinas de tamaño inferior a 250 tienen rodamientos blindados, con lubricación permanente. Ellos no necesitan mantenimiento, sin embargo, dichos rodamientos deben ser cambiados después de aproximadamente 20.000 horas de servicio. Asimismo, se debe proceder al cambio de rodamiento cuando se producen ruidos o temperaturas excesivos.

10. Lista de Fallas

Antes de proceder a buscar la falla se debe consultar el párrafo 8

Falla	Causa Posible	Revisión y eliminación
I. El generador no se excita	El puente $I_1 - I_{11}$ en la regleta L1 no está puesto o tiene contacto suficiente	Revisar cuidadosamente el puente y respectivamente conectarlo
	El interruptor de desexcitación (si hay) no cierra	Revisar el interruptor
	Interrupción en el circuito de la excitatriz auxiliar	Revisar la conexión de la excitatriz auxiliar a la regleta L2 del regulador y L4 del campo de la excitatriz
	Tensión de remanencia demasiado pequeña	Aplicar excitación independiente con batería de 4,5 V a 12 V hasta lograr que comience la autoexcitación. Conectar la batería a la regleta L1, o sea: Polo positivo con I_1 Polo negativo con K_1
	Velocidad no está correcta	Mediar la velocidad, si es necesario, ajustarla
	Interrupción en el circuito de excitación principal	Medir todos los rectificadores giratorios, cambiar los defectuosos o el juego entero (véase párrafo 11.4)
	El diodo U (si hay) está defectuoso	Desconectar el diodo U y medirlo como diodo, el los sentidos de conducción y bloqueo, respectivamente. Si el diodo U se muestra defectuoso, se lo cambia. Si no hay repuesto, solamente retirarlo, pero se debe tener en cuenta que sin el diodo U los rectificadores giratorios no están protegidos contra sobretensiones
	Diodo de marcha libre n4 cortocircuitado	Revisar el diodo, si es necesario, cambiarlo

	Los diodos n1 del regulador están defectuosos	Cambiar el regulador
II. El generador no se excita hasta la tensión nominal	Rectificadores giratorios están defectuosos	Medir los rectificadores giratorios uno por uno, cambiar los defectuosos o el juego entero (véase párrafo 11.4)
	Velocidad no está correcta	Medir la velocidad, se es necesario, ajustarla
III. El generador se excita a la tensión nominal en vacío, pero esta se derrumba al aplicar carga	Rectificadores giratorios están defectuosos	Medir los rectificadores giratorios uno por uno, cambiar los defectuosos o el juego entero (véase párrafo 11.4)
	La velocidad se decae mucho	Revisar el regulador del motor Diesel
IV. El generador se sobreexcita llegando a una tensión excesiva en vacío. El dispositivo de ajuste del valor exigido no da resultado	Para dispositivo incorporado: falta el puente entre 6 y 8, en la regleta L1	Revisar la posición de los puentes en la regleta L1 dentro de la caja de bornes, consultando el esquema de conexión suministrado junto con el generador. Si es necesario, hacer el puente
	Transistor de potencia p4 está defectuoso	Desconectar la conexión de la base (B). Si, a pesar de eso, el generador se excita, el transistor debe ser reemplazado
	Diodo Zener n5 está defectuoso	Desconectar n5. Si después de eso se obtiene la tensión nominal, n5 debe ser cambiado
	Defecto de la placa de elementos constructivos del	Cambiar el regulador

	regulador	
V. La tensión del regulador oscila	Fluctuaciones de velocidad del motor de accionamiento	Fluctuaciones de frecuencia son causadas por el motor de accionamiento y deben ser eliminadas mediante el sistema de regulación del motor
	Oscilaciones en el circuito de regulación	Oscilaciones en el circuito de regulación pueden producirse cuando la máquina de accionamiento (Diesel, turbina) influye correspondientemente sobre el generador. Generalmente basta con duplicar la capacidad el condensador k_x en el regulador. En ciertos casos se obtienen también resultados satisfactorios con aumentos menores de capacidad. En casos raros y difíciles puede presentarse la necesidad de modificar también los valores del condensador k_y , y de la resistencia r_x .

11. Instrucciones para montajes parciales

11.1 Revisión de los cojinetes

11.1.1 Revisión de los cojinetes en las máquinas de tamaño 250 y superior

Para poder efectuar una revisión o un cambio de cojinete, es necesario realizar los siguientes trabajos:

- Al tratarse del cojinete LA, basta con retirar la tapa exterior del cojinete y el disco de retención de grasa.
- Al tratarse del cojinete LOA, se debe proceder como se describe a continuación:

1. Destornillar la rejilla de entrada del aire de refrigeración, en el frente.
2. Desmontar el estator de la excitatriz (desconectar los cables en la regleta L4).
3. Desmontar el rotor de la excitatriz, como se describe en el párrafo "Desmontaje y montaje del rotor de la excitatriz".
4. Soltar el dispositivo de engrase en la parte exterior de la placa portacojinete.
5. Desmontar la tapa del cojinete.
6. Destornillar el disco de retención de grasa.

El montaje se hace por orden inverso. Especialmente, se debe prestar atención a que las perforaciones fileteadas para los pernos de fijación de las tapas de cojinete exteriores se encuentran en las tapas interiores del cojinete. Una vez soltados los pernos, dichas tapas interiores pueden ser desplazadas y giradas. Por lo tanto, es necesario que las perforaciones pertenecientes a la tapa exterior, placa portacojinete y tapa interior del cojinete coincidan en su posición, antes de introducir los pernos. Después de terminado el montaje, es indispensable llenar los cojinetes con la cantidad prescrita de la grasa prescrita, a través de los dispositivos de engrase. (Véase también el párrafo 9).

11.1.2 Revisión de cojinetes en máquinas de tamaño inferior a 250

La revisión de estos cojinetes no es necesaria, por cuanto estas máquinas están equipadas con rodamientos "blindados, con lubricación permanente.

11.2 Cambio de cojinetes

11.2.1 Cambio de cojinetes, respectivamente desmontaje y montaje del rotor completo en máquinas a partir del tamaño 250

1. Destornillar la rejilla de entrada de aire, en el frente.
2. Desmontar el estator de la excitatriz (desconectar los cables en la regleta L4).
3. Desmontar el rotor de la excitatriz, como se describe en el párrafo "Desmontaje y Montaje del rotor de la excitatriz".
4. Soltar el dispositivo de engrase en la parte exterior .de la placa portacojinete.
5. Desmontar ambas tapas de cojinete.
6. Destornillar los discos de retención de grasa.
7. En los bornes U, V, W, Mp, 1, 2, 3 etc. de la placa de bornes se deben desconectar todos los cables que llegan del interior de la máquina.

8. Destornillar las tuercas de los pernos sin cabeza ubicados en el lado interior de la pared exterior.
9. Ahora se pueden retirar ambas placas portacojinete. Esta fase del desmontaje requiere especial cuidado, porque el paquete de láminas del rotor llega a topar con el paquete de láminas del estator. Los pernos sin cabeza se quedan en la placa portacojinete del lado de accionamiento.
10. Ahora se retira el rotor completo del estator, desplazándolo cuidadosamente hacia el lado de accionamiento.
11. Ahora, se pueden retirar los rodamientos, mediante un extractor adecuado.

Antes de montar los nuevos rodamientos, se limpiarán los asientos del cojinete y se echará un poco de grasa. Antes de colocar los rodamientos, previamente se deben colocar las tapas interiores del cojinete sobre el eje. En seguida, se calentarán los rodamientos a 80 °C aproximadamente, y se procede a montarlos.

El montaje del generador se hace por orden inverso.

11.2.2 Cambio de cojinetes, respectivamente desmontaje y montaje del rotor completo en máquinas de tamaño inferior a 250

1. Destornillar la rejilla de entrada de aire de refrigeración, en el frente.
2. En la placa de bornes y en la regleta Ll se deben desconectar todos los cables que llegan del interior de la máquina.
3. Destornillar las tuercas de los pernos sin cabeza ubicados en el lado interior de la pared exterior.
4. Ahora, se puede retirar la placa portacojinete opuesta al lado de accionamiento.
5. Retirar cuidadosamente el estator de la excitatriz, junto con el estator de la excitatriz auxiliar.
6. Ahora, se puede retirar la placa portacojinete del lado de accionamiento. Los pernos sin cabeza se quedan en la placa portacojinete. Ésta fase del desmontaje requiere especial cuidado, porque el paquete de láminas del rotor llega a topar con el paquete de láminas del estator.
7. Ahora se retira el rotor del estator, desplazándolo cuidadosamente hacia el lado de accionamiento.

8. Ahora, se pueden retirar los rodamientos, mediante un extractor adecuado.

Antes de montar los nuevos rodamientos, se limpiarán los asientos del cojinete y se echará un poco de grasa. Los rodamientos blindados ya están con grasa y, por lo tanto, no deben ser calentados. La colocación se hará en frío.

El montaje de la máquina se hace por orden inverso.

11.3 Cambio del rotor de la excitatriz

11.3.1 Desmontaje y montaje del rotor de la excitatriz, en máquinas a partir del tamaño 250

Desmontaje.

A tal fin, los dos cables K e I que salen del eje hueco, deben ser desconectados de las placas del rectificador. En seguida, los pernos de tensión se destornillan enteramente. Ahora, el rotor puede ser retirado del fin del eje.

Montaje.

El rotor de la excitatriz se coloca sobre el fin del eje limpiado y aceitado, hasta el tope,

aplicando un movimiento ligeramente giratorio durante el desplazamiento axial. Montar el anillo separador, el elemento de tensión, el anillo de compresión, los pernos de tensión, respetando este mismo orden.

Ahora se deben apretar los pernos de tensión, con un torque de 25 Nm (aprox. 2,5 kpm), asegurando la uniformidad del apriete y trabajando cada vez en dos pernos opuestos. El apriete uniforme de los 6 pernos es indispensable, si no, existe la posibilidad que el rotor se suelte durante el servicio o que la distancia de aire entre rotor y estator resulta des uniforme. Una excentricidad superior a 0,2 mm es inadmisibile.

En seguida, se conectan los cables que salen de la máquina principal a través del eje hueco, o sea, el cable I con la placa positiva y el cable K con la placa negativa del rectificador.

11.3.2 Desmontaje y montaje del rotor de la excitatriz en máquinas de tamaño inferior a 250

El rotor de la excitatriz está colocado a presión sobre el eje de la máquina y, por lo tanto, sólo puede ser desmontado junto con el rotor de la máquina principal.

11.4 Cambio de los rectificadores giratorios

Si se produce una falla en uno de los rectificadores giratorios, se deberían verificar también las características de bloqueo y de conducción de los otros rectificadores de este puente trifásico. En caso que esto no fuera posible, se recomienda cambiar todos los rectificadores giratorios. Al hacer el cambio se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Los dos cuerpos de refrigeración de los rectificadores están equipados con diodos de diferente polaridad. No se debe cambiar la polaridad de los cuerpos de refrigeración.
- 2) Los diodos están conectados con el enrollado trifásico de la excitatriz mediante una conexión roscada o de soldadura. En cuanto a la conexión roscada se debe cuidar de no aplicar ningún momento mecánico durante el montaje, porque esto podría perjudicar la estanquidad de la carcasa del diodo, lo que se traduciría en una reducción de la vida del diodo. La conexión por soldadura trae menos peligro referente a la sollicitación mecánica del diodo, sin embargo, es preciso hacer la soldadura con el cautín caliente lo más rápido posible (5 seg).
- 3) Los diodos montados en fábrica están ligeramente cubiertos con grasa silicone para asegurar la transición de calor impecable. Si, al efectuar un cambio, no se dispone de grasa silicone nueva, es recomendable no quitar la capa original.
- 4) El momento de apriete máximo para los rectificadores asciende a 3,5 Nm (aprox. 0,35 kpm).
Este valor no debe ser sobrepasado; por otra parte, es admisible reducir el momento de apriete en hasta 10%.
- 5) Si la protección contra sobretensiones está realizada mediante un diodo U, se debe respetar la polaridad correcta, al efectuar la conexión. El polo negativo del diodo U (azul) debe ser conectado al cuerpo de refrigeración negativo.

11.5 Desmontaje del regulador

11.5.1 Desmontaje de la "Tapa con regulador" en máquinas a partir del tamaño 250

Una vez soltadas las dos tuercas accesibles desde afuera, se puede retirar la tapa de la carcasa del generador. Además se desconecta el haz de cables conectado a las regletas L1 y L3, de modo que ahora la "Tapa con regulador" puede ser completamente separada del generador.

11.5.2 Desmontaje del regulador en máquinas de tamaño inferior a 250.

Para desmontar el regulador se abre la caja de bornes. En seguida, se sueltan los cuatro pernos de fijación y se desconectan los cables de conexión del regulador.

12. Repuestos

Las siguientes piezas de repuesto pueden ser suministradas

Partes individuales:

- Rectificadores giratorios (sets de 3 para cada polaridad)
- Ajustador de Set point Sr1
- Varistor
- Cojinetes antifricción
- Otras piezas mecánicas requeridas

Regulador de voltaje completo:

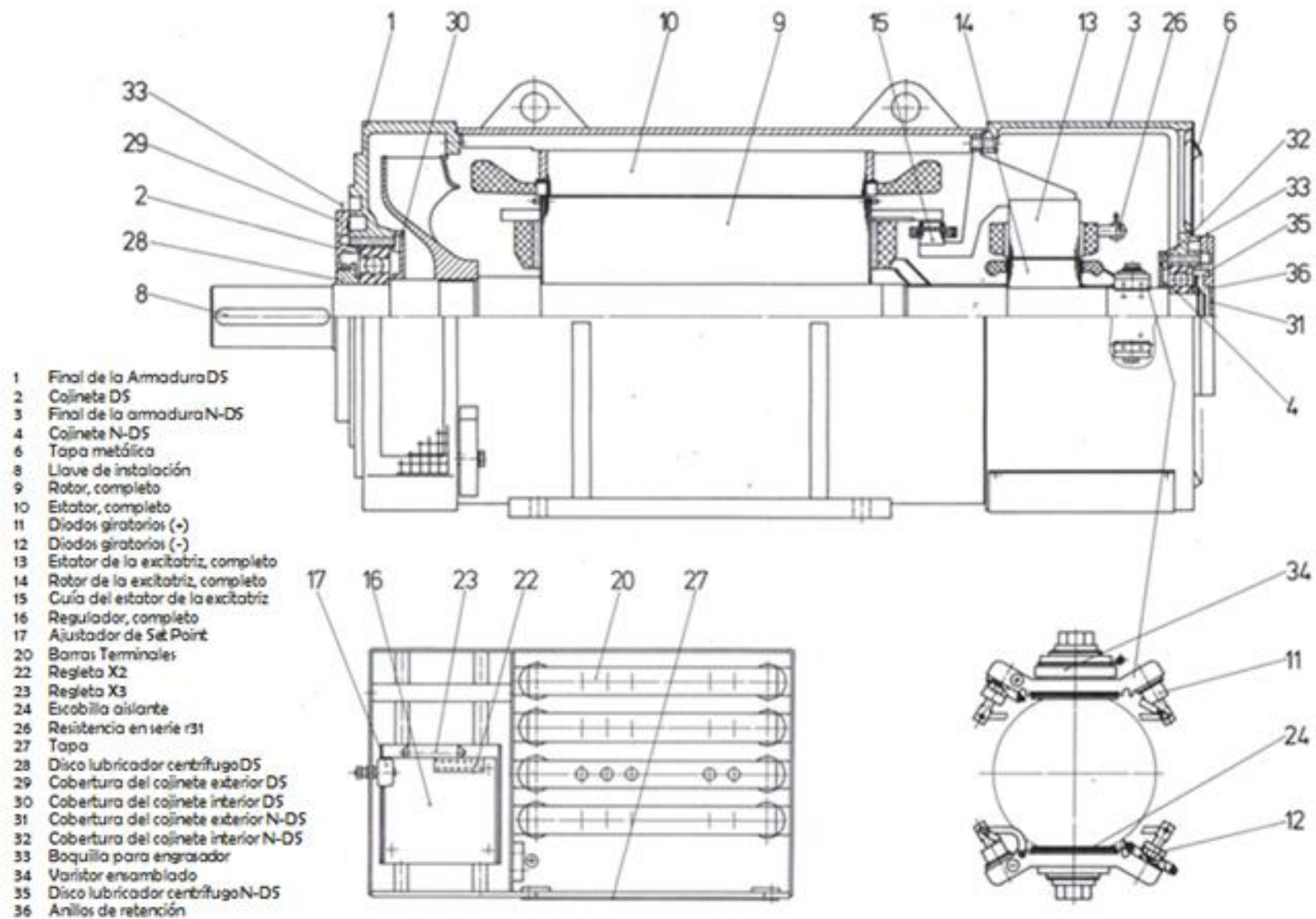
El regulador no tiene piezas de desgaste. Defectos en los componentes electrónicos usualmente sólo se producen como resultado de la manipulación, daños mecánicos o alta contaminación con la suciedad o el polvo. Por lo tanto no es aconsejable cambiar componentes en el PC board del regulador, ya que esto frecuentemente causa daños a otros componentes resultando en el consiguiente daño a la máquina. No se olvide de indicar el tipo y el número del generador para pedidos de repuestos.

13. Regulador especial con Módulo V/f ZK5A

Algunos reguladores están equipados con el módulo V/f ZK5A (sólo si es específicamente ordenado). Este accesorio componente trabaja en conjunto con el transistor regulador para reducir la tensión del generador a un nivel por debajo de una frecuencia preseleccionada. La pendiente de esta reducción de la tensión puede también ser influida (ver párrafo 14.6).

14. Dibujos, esquemas de conexión

14.1 Corte Transversal del Generador

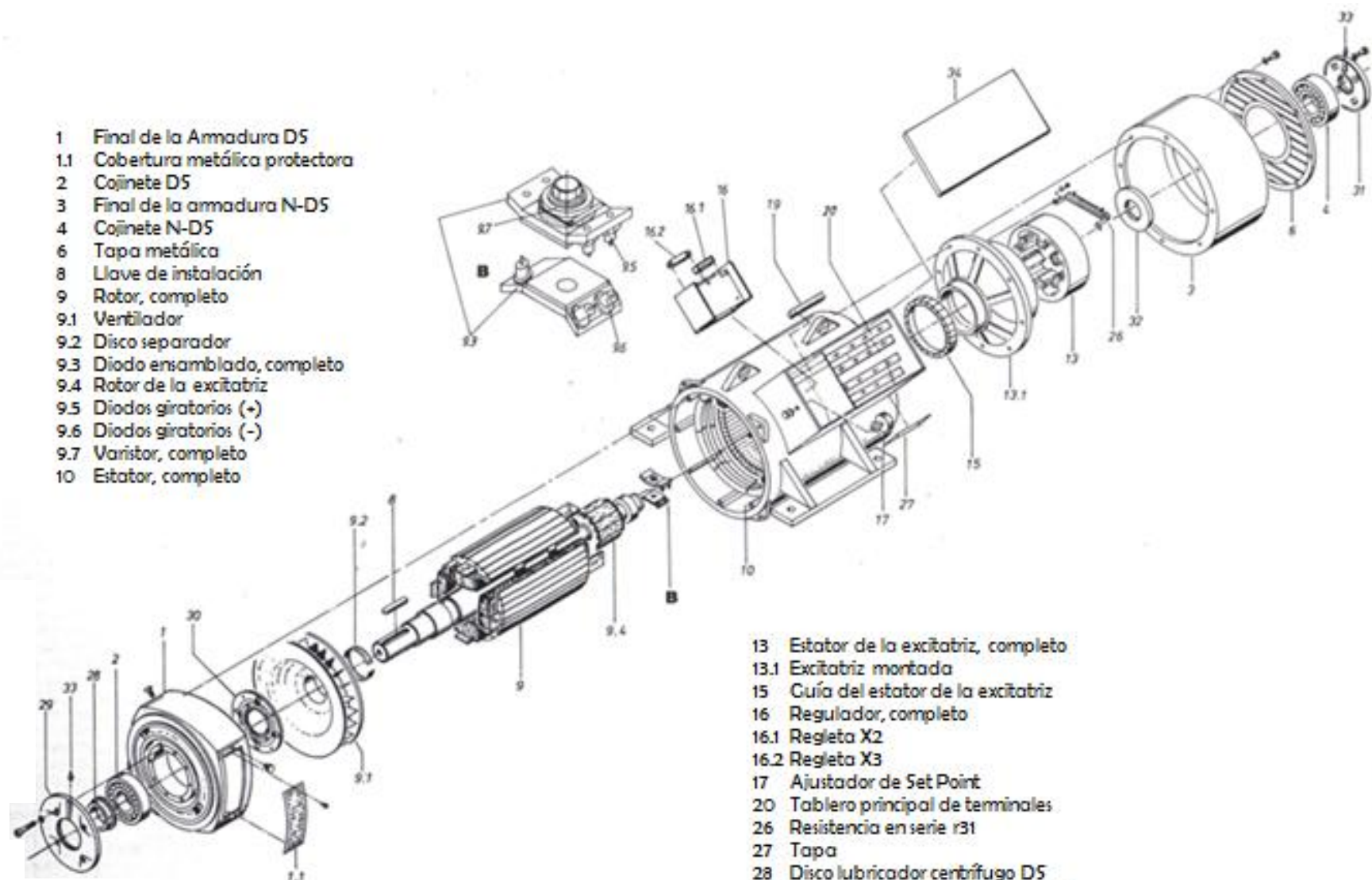


Corte Transversal
 (Versión de 4 polos)

Tipo DK8H 425-4-4360/04
 DK8H 4319-4360/06

SK 46 320

14.2 Vista en Despiece del Generador



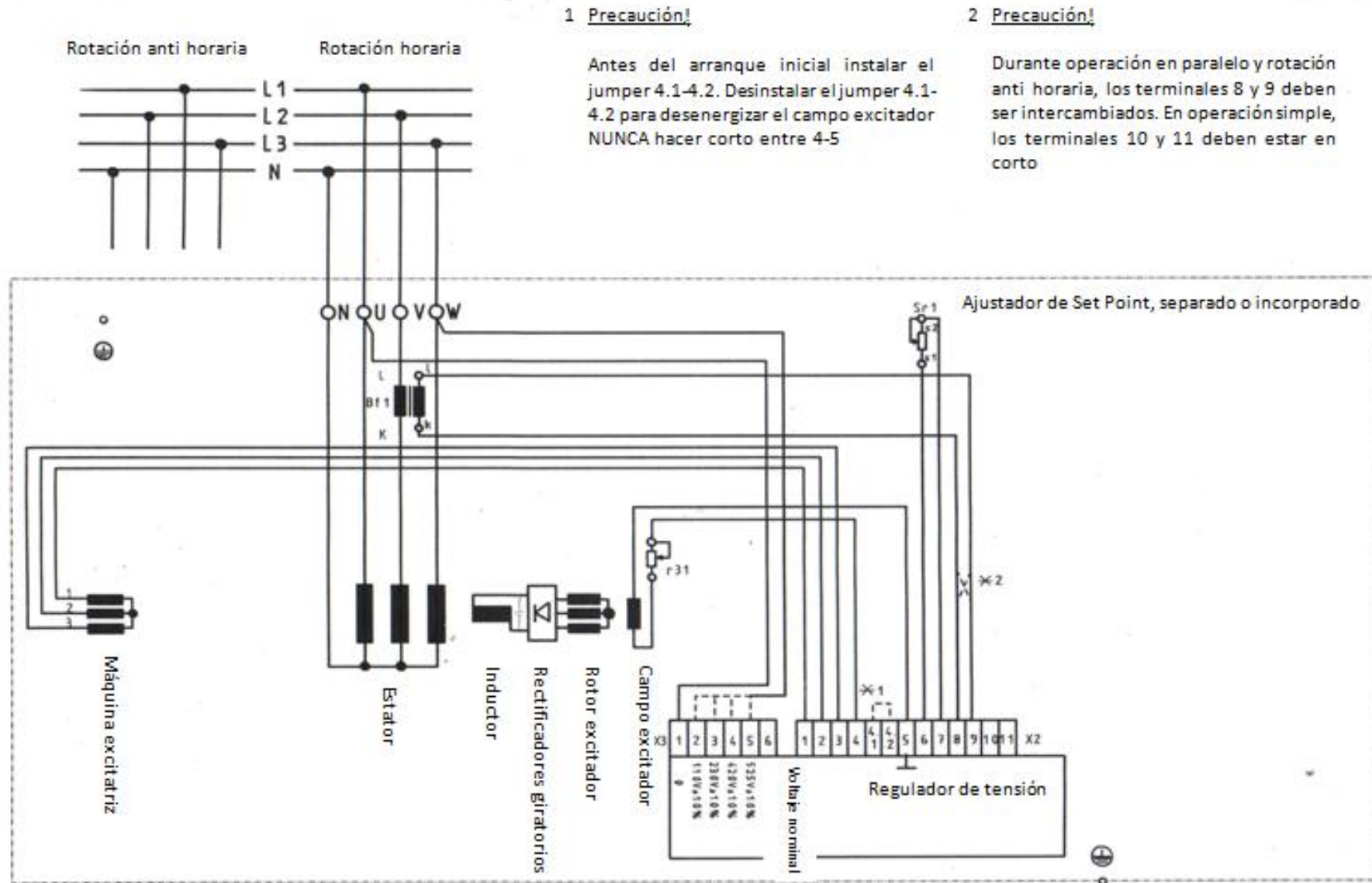
- 1 Final de la Armadura D5
- 1.1 Cobertura metálica protectora
- 2 Cojinete D5
- 3 Final de la armadura N-D5
- 4 Cojinete N-D5
- 6 Tapa metálica
- 8 Llave de instalación
- 9 Rotor, completo
- 9.1 Ventilador
- 9.2 Disco separador
- 9.3 Diodo ensamblado, completo
- 9.4 Rotor de la excitatriz
- 9.5 Diodos giratorios (+)
- 9.6 Diodos giratorios (-)
- 9.7 Varistor, completo
- 10 Estator, completo

- 13 Estator de la excitatriz, completo
- 13.1 Excitatriz montada
- 15 Guía del estator de la excitatriz
- 16 Regulador, completo
- 16.1 Regleta X2
- 16.2 Regleta X3
- 17 Ajustador de Set Point
- 20 Tablero principal de terminales
- 26 Resistencia en serie r31
- 27 Tapa
- 28 Disco lubricador centrífugo D5
- 29 Cobertura del cojinete exterior D5
- 30 Cobertura del cojinete interior D5
- 31 Cobertura del cojinete exterior N-D5
- 32 Cobertura del cojinete interior N-D5
- 33 Boquilla para engrasador
- 34 Cubierta protectora

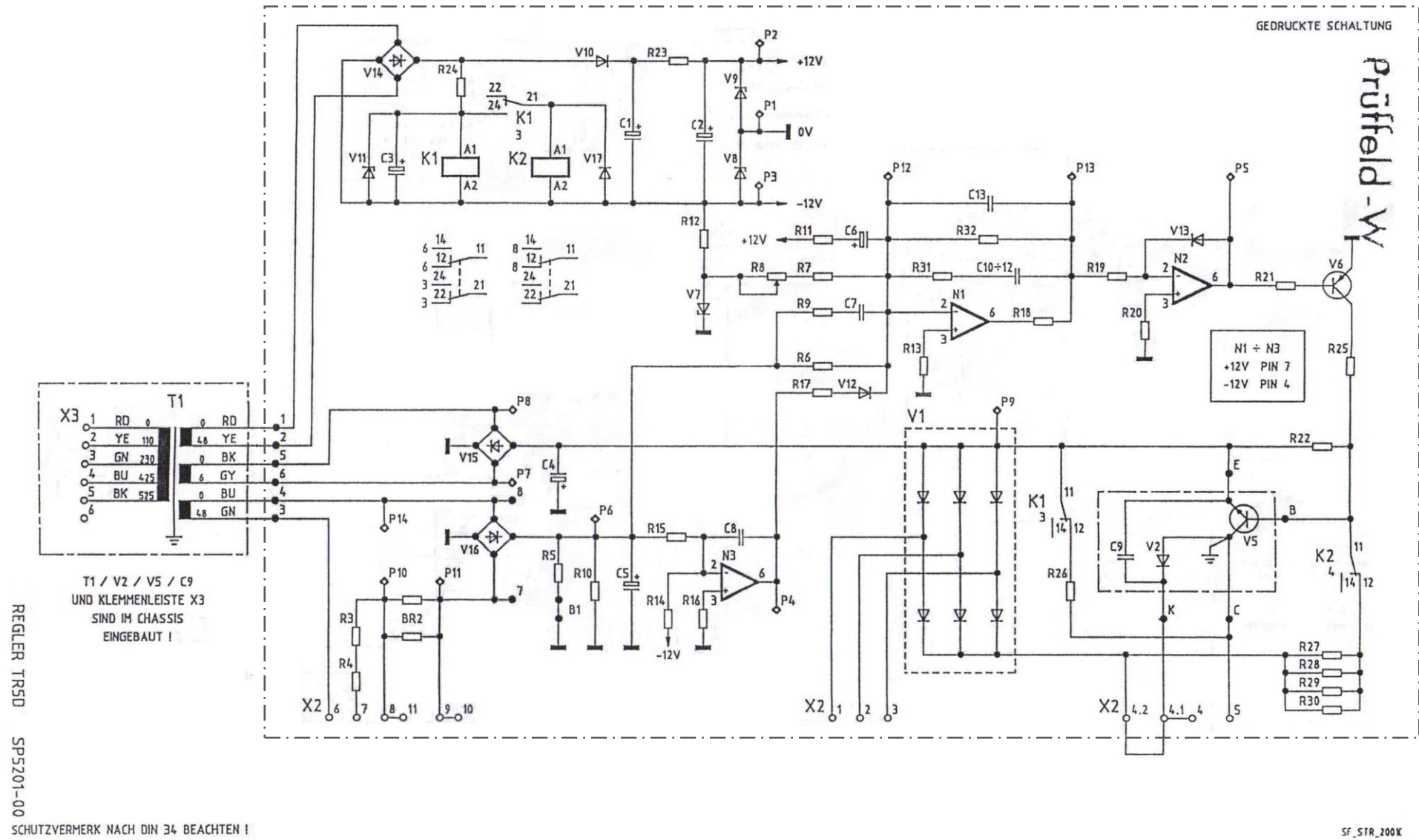
Vista en Despiece del Generador
(Versión de 4 polos)

Tipo DKBH 4254-4360/04
DKBH 4319-4360/06

14.3 Diagrama de conexión del Regulador de Tensión al Generador



14.4 Diagrama interno del Regulador de Tensión TR5D



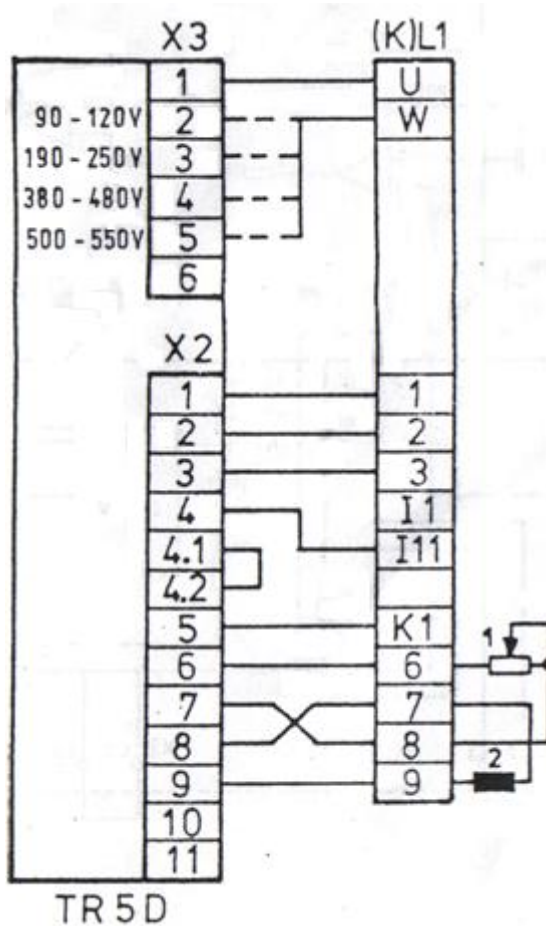
14.5 Diagrama de conexión del Regulador de Tensión a la regleta principal L1 (instalación de un nuevo regulador de tensión)

Para reguladores nuevos de la serie D-....., la conexión del ajustador de voltaje es posible únicamente en la regleta (K) L1 en el bloque de terminales. (Solo un ajustador de voltaje puede ser conectado)

Atención: El cableado del ajustador de voltaje debe realizarse entre los terminales 6 y 7 de la regleta X2 del regulador de tensión. El cableado del transformador de corriente debe realizarse entre los terminales 8 y 9 de la regleta X2 del regulador de tensión

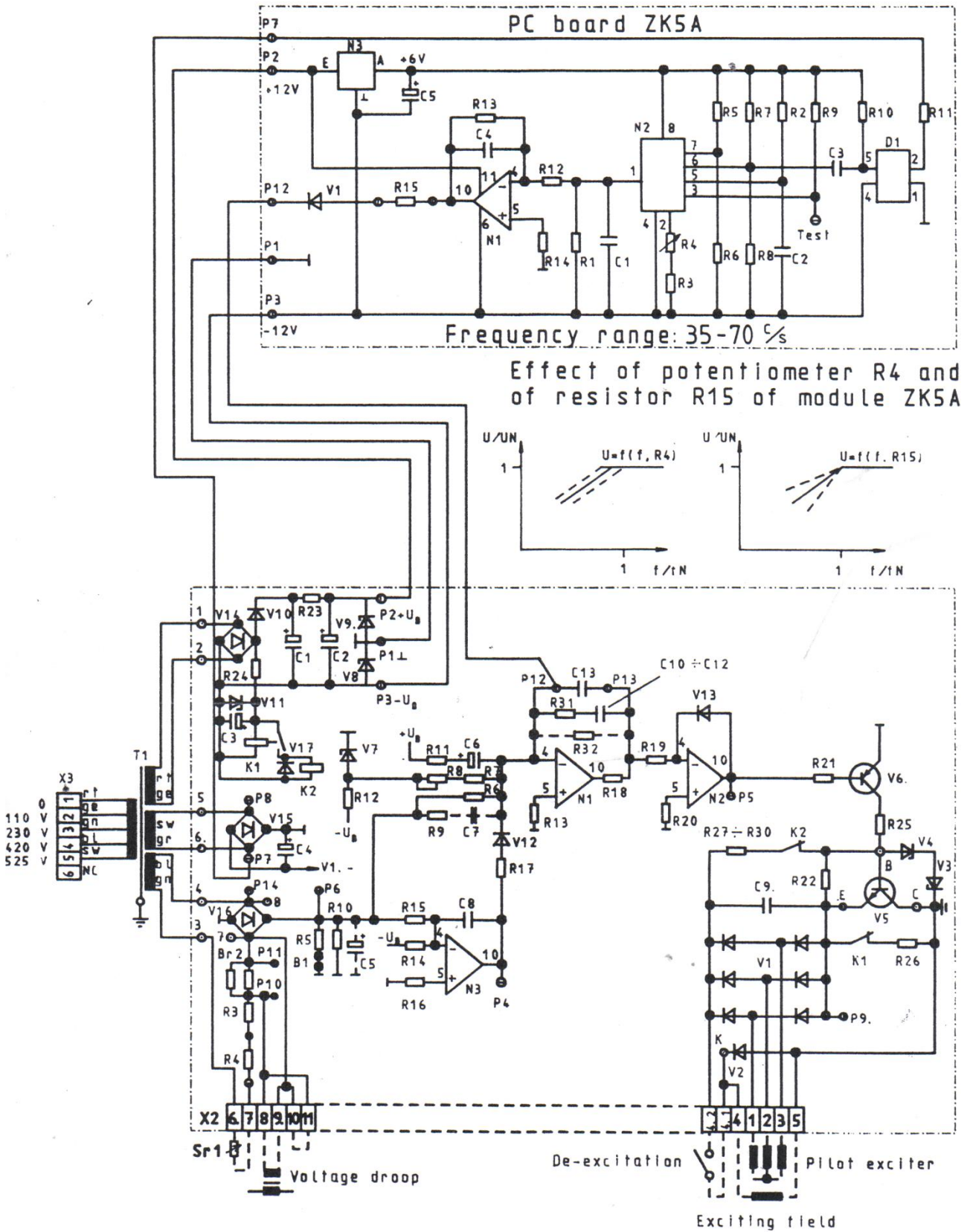
1. Conexión del ajustador de voltaje interno o externo

2. Transformador de corriente externo



Regulador nuevo

14.6 Diagrama de conexión del Regulador especial con Módulo V/f ZK5A



ELZA aus DISK 72.03

ANEXO 2

“Datos de servicio del motor Diesel tipo DKBH”

PRESIONES

	<i>Presión de servicio bar (kp/cm²)</i>	<i>Válvula de seguridad abre a bar (kp/cm²)</i>
Agua refrigerante	0,7	
Aceite lubricante 1000 1/min	3,0 - 3,3	
1200 1/min	3,2 - 3 5	
1500 - 1800 1/min	3,8 - 4,2	
Aceite de refrigeración (solamente en motores con enfriamiento de émbolos)		
1000 1/min	1,0 - 1,3	
1200 1/min	1,5 - 1,8	
1500 1/min	2,3 - 2,6	
1800 1/min	3,0 - 3,5	
Combustible		
Tubo de presión hacia la bomba de inyección	1,5	1,5
Presión de inyección		
en motores con culatas de dos válvulas	200 ⁺¹⁵	
en motores con culatas de cuatro válvulas	280 ⁺⁸	
Aire de arranque	30	32
	(Presión mínima 20)	
para motor de arranque GALI	30	
	(Presión mínima 20)	

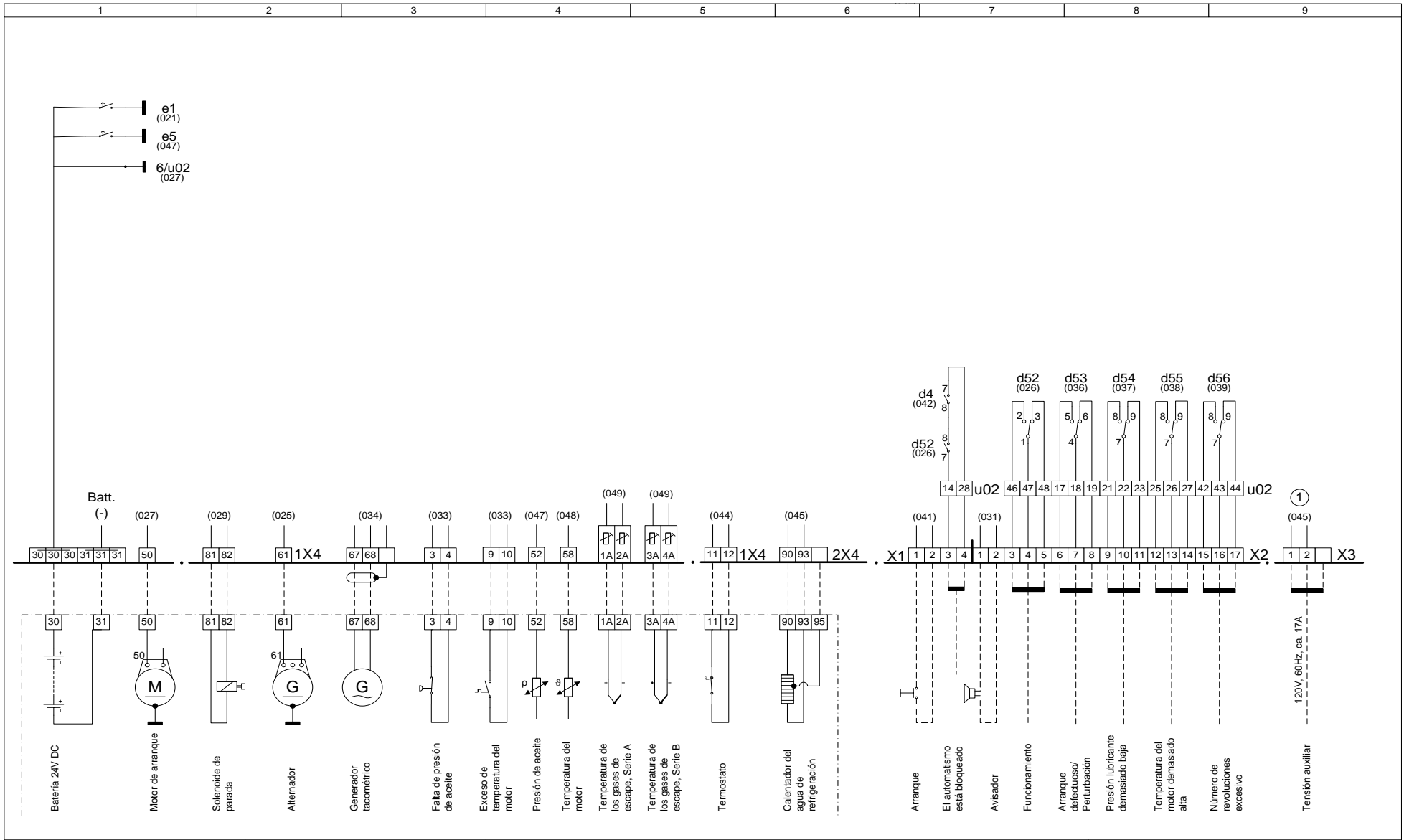
TEMPERATURAS

	<i>Temperatura de Servicio (°C)</i>	<i>Temperatura máxima °C respecto a temperatura de contacto en instalaciones automáticas</i>
Agua refrigerante	70 - 80	85 alarma 90 parada
Agua de mar delante del radiador de aire de carga		32 ¹⁾
Aceite lubricante delante del radiador de aceite	aprox. 90	100 alarma 105 parada
Gas de escape D 601- 6 Tubo de escape sin refrigerar	610 como máximo	
Tubo de escape refrigerado	530 como mínimo	
TD 601 – 6	delante del turbocompresor:	detrás del
TBD 601 – 6 (S)	600 como máximo	500 como máximo
TBD 601 – 6 (K)	620 como máximo	520 como máximo

1) En caso de que las temperaturas medidas sobrepasen los valores máximos indicados, la potencia del motor deberá reducirse, limitando la cantidad de combustible inyectada por la bomba de inyección

ANEXO 3

“Diagramas de conexión del sistema de control y
monitoreo actual”



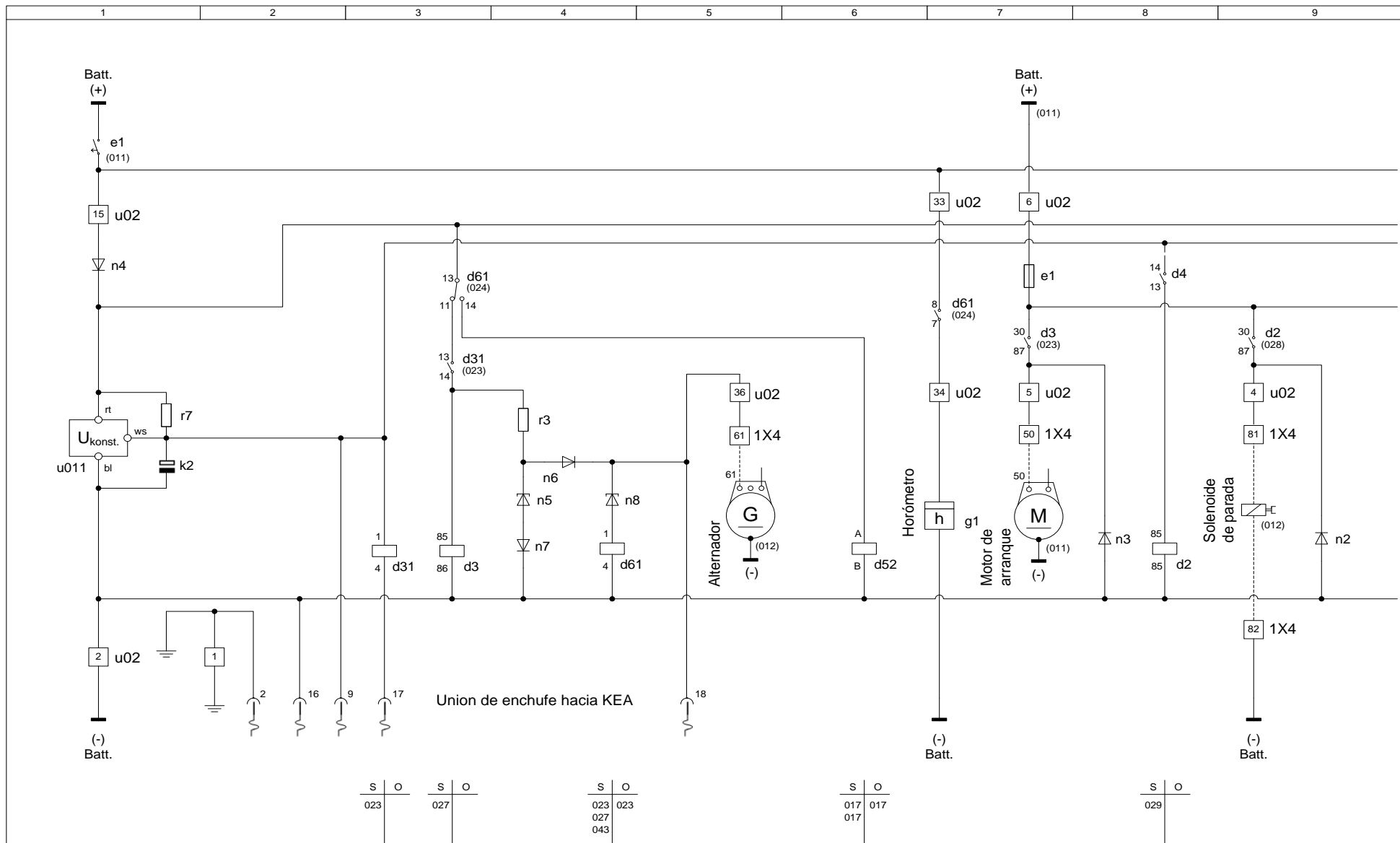
CEPE

KUHSE

Panel de Control del Motor

3 W 0 4 4 6 . 6 A

Hoja 1 / 4



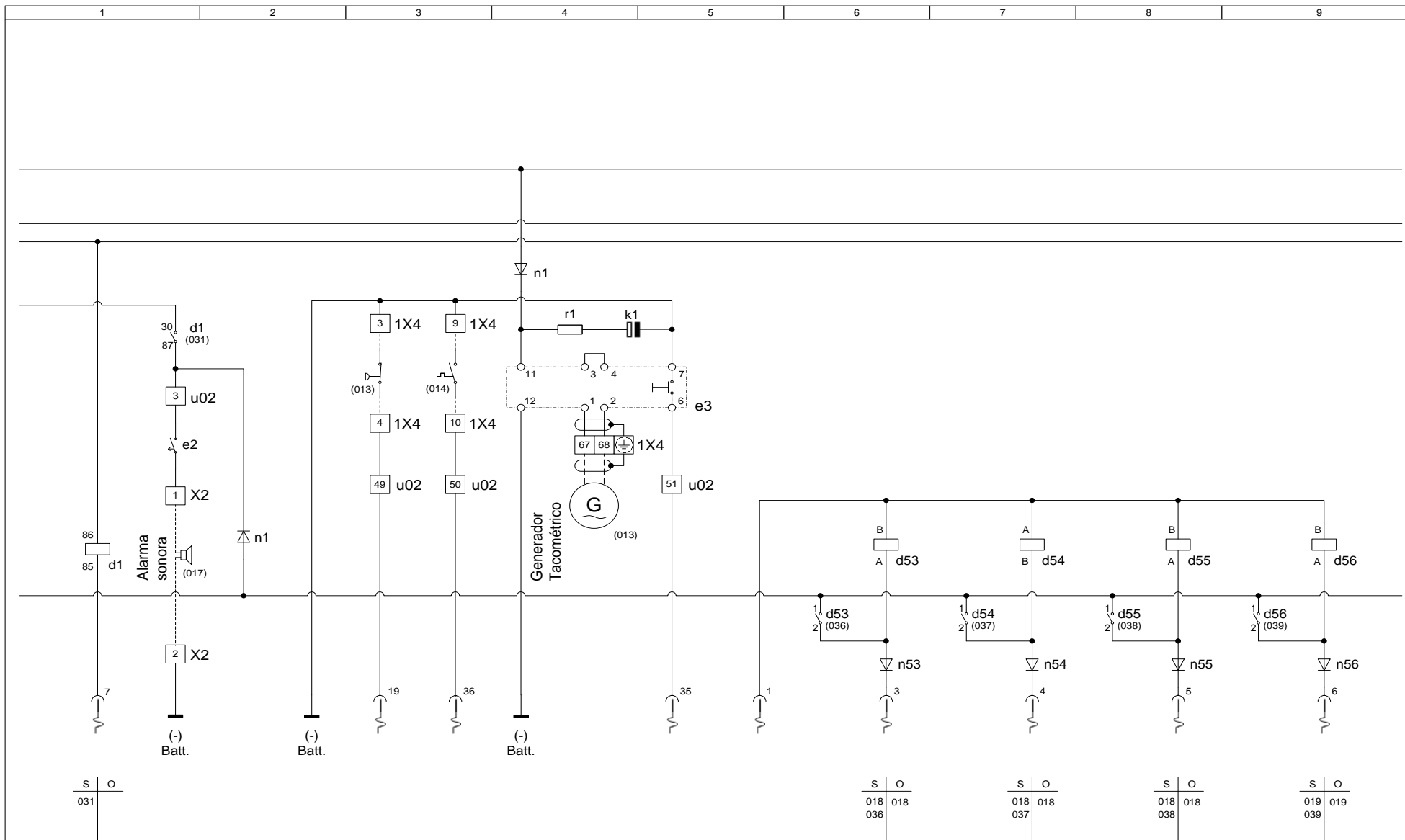
CEPE

KUHSE

Panel de Control del Motor

3 W 0 4 4 6 . 6 A

Hoja 2 / 4



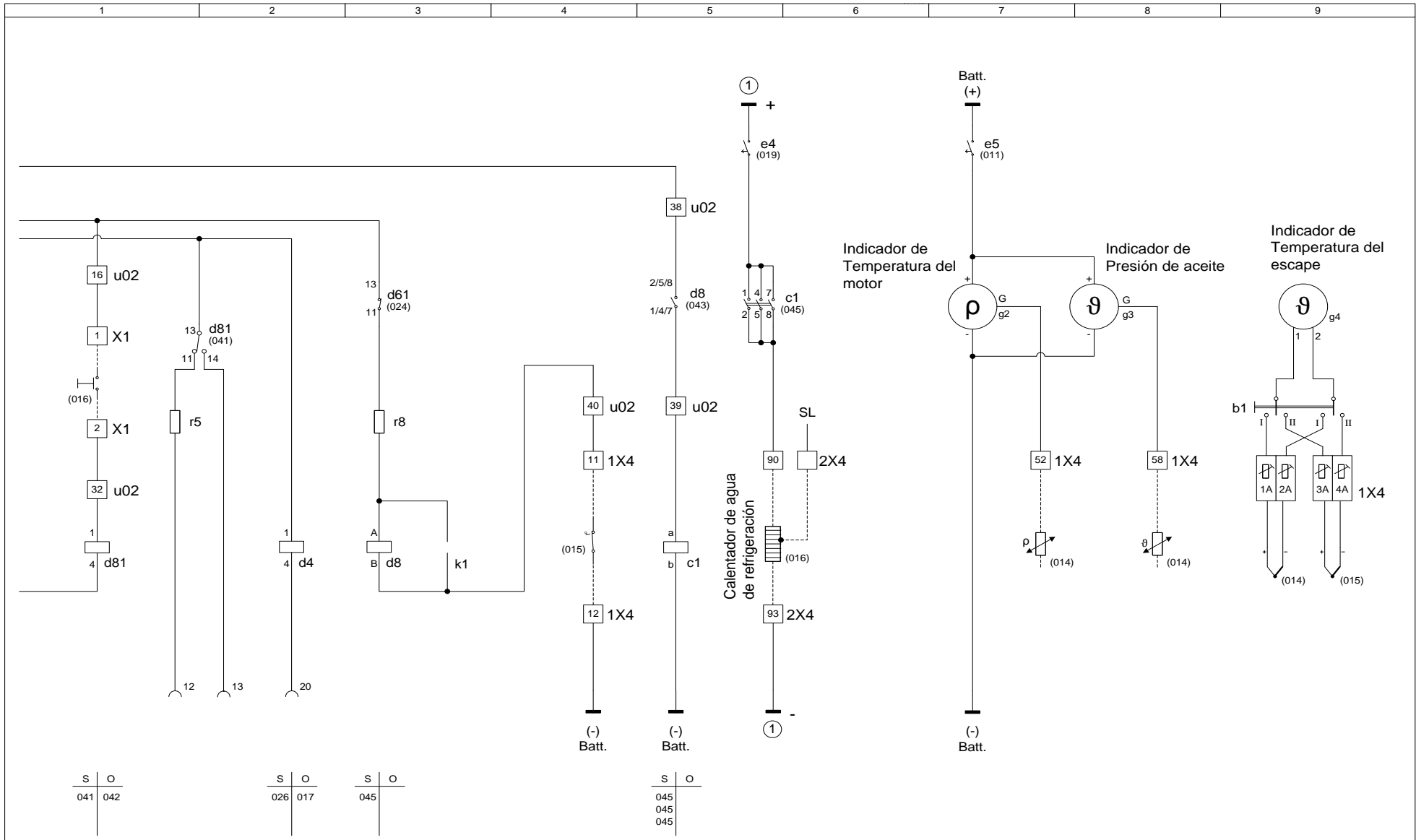
CEPE

KUHSE

Panel de Control del Motor

3 W 0 4 4 6 . 6 A

Hoja 3 / 4



CEPE

KUHSE

Panel de Control del Motor

3 W 0 4 4 6 . 6 A

Hoja 4 / 4

ANEXO 4

“Presupuesto de materiales utilizados en la
implementación (solo materiales fuera de stock de
bodega)”

<i>Item ID</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Descripción del Artículo</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Precio Total</i>
BMXCPS3500	1	FUENTE DE PODER AC ALTA POTENCIA	277,660	277,660
BMXP342020	1	CPU 340-20 MODBUS/ETHERNET	789,685	789,685
BMXXBP0600	1	BACKPLANE 6 SLOTS	70,000	70,000
BMXDDI1602	2	MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES (16/24VDC)	95,785	191,570
BMXDDO1602	1	MÓDULO DE SALIDAS A TRANSISTOR (16/0,5A)	115,650	115,650
BMXART0814	2	MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS AISLADAS (8TC/RTD)	531,385	1062,770
ABE7CCPA412	2	BLOQUE DE CONEXIÓN PARA CUATRO ENTRADAS TC	149,275	298,550
BMXFCA152	2	CABLE DE CONEXIÓN PARA SENSORES DE TEMPERATURA 1M5	36,175	72,350
BMXFTB2010	3	BLOQUE DE BORNES/20 PUNTOS DE CONEXIÓN	17,833	71,330
UNYSPUSFUCD30	1	SOFTWARE UNITY PRO S (1 LICENCIA)	530,530	530,530
BMXXCAUSBH01 8	1	CABLE DE CONEXIÓN USB ATERRIZADO 1M8	68,780	68,780
XBTZG935	1	CABLE DE CONEXIÓN PARA TERMINAL GRÁFICA	176,080	176,080
XBTZ9980	1	CABLE DE CONEXIÓN M340 TERMINAL GRÁFICA 2,5M	28,805	57,610

VALOR NETO	3782,565
12% I.V.A.	453,9078
TOTAL	4236,473

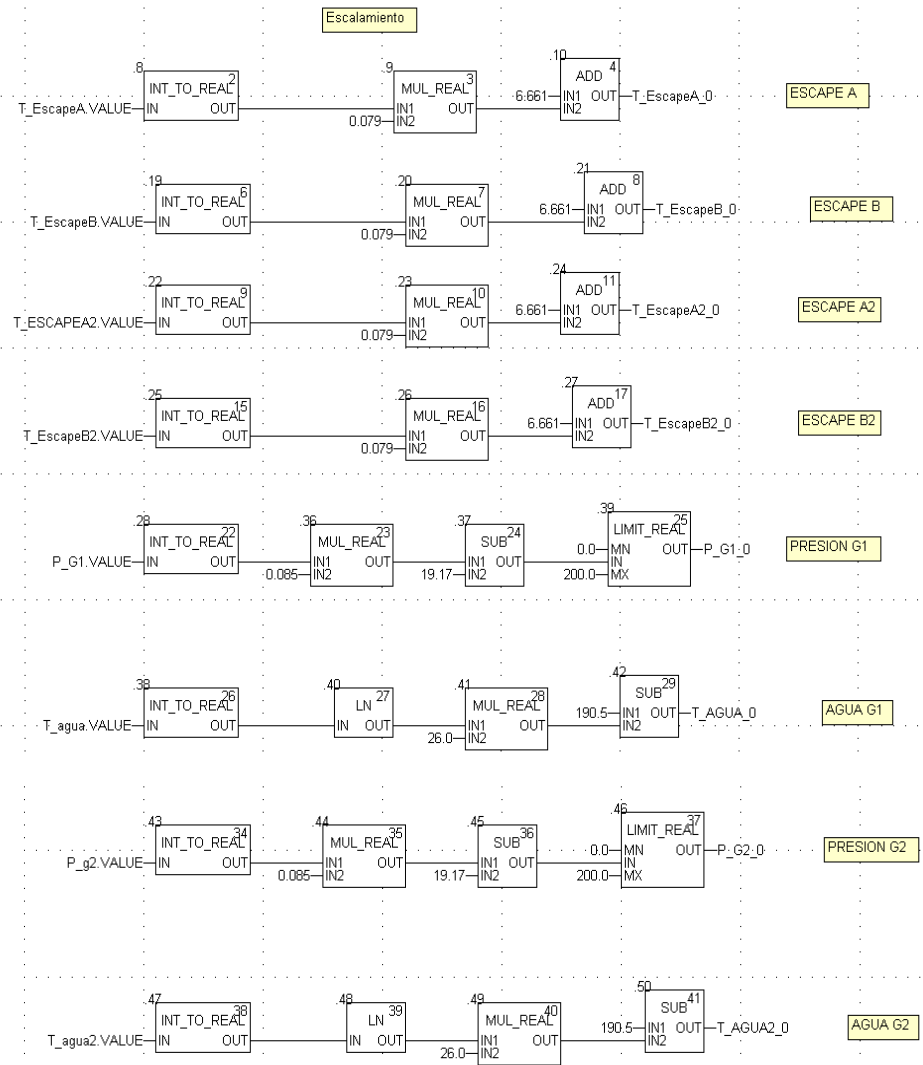
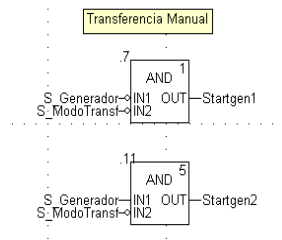
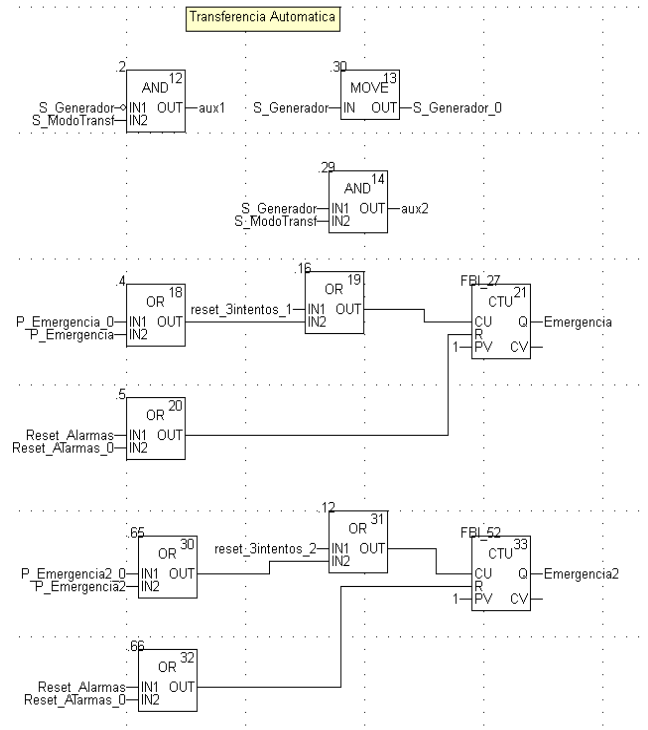
ANEXO 5

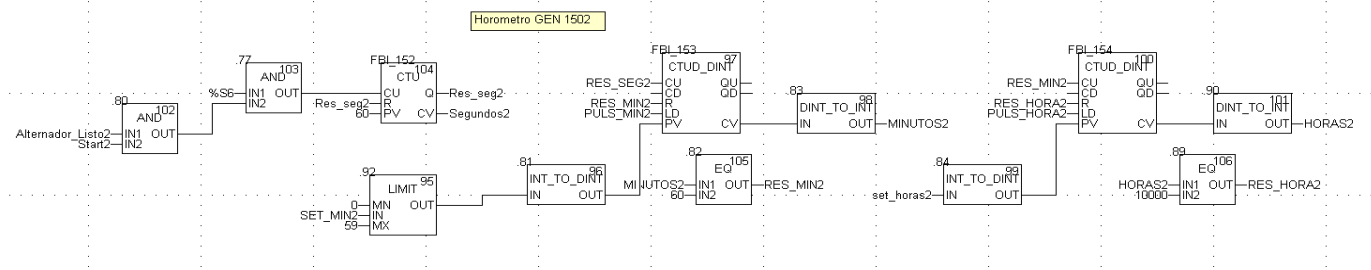
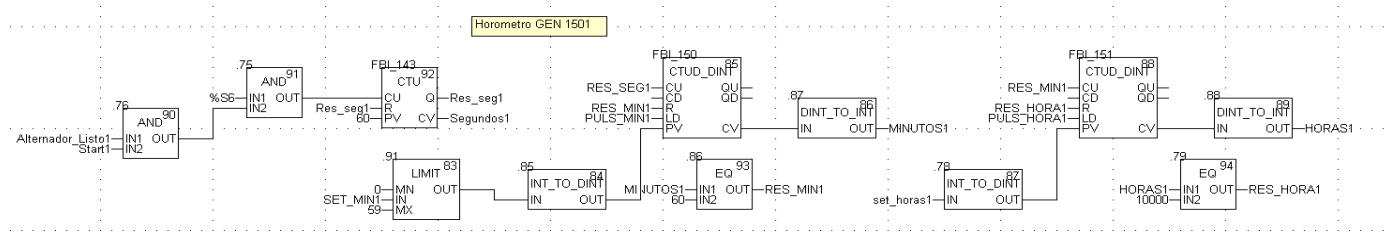
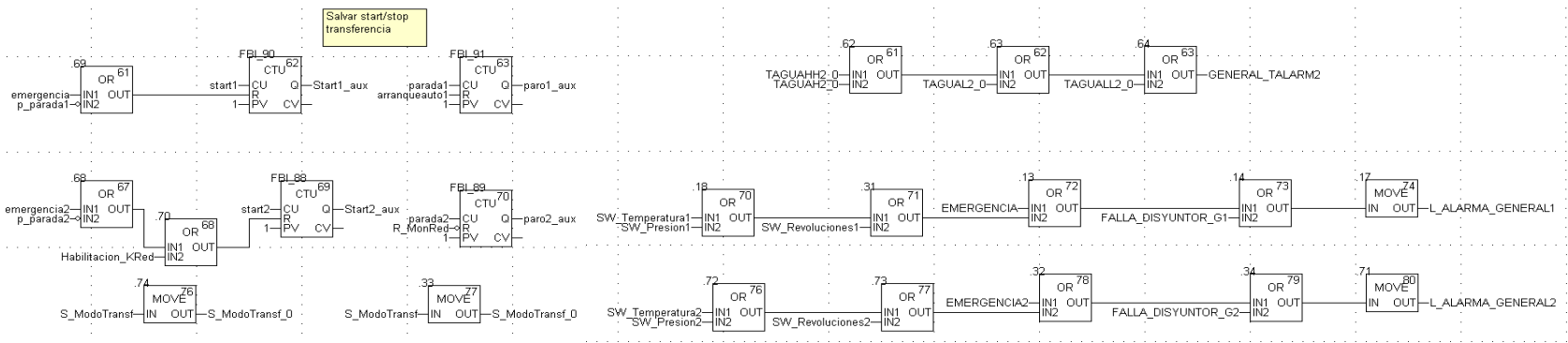
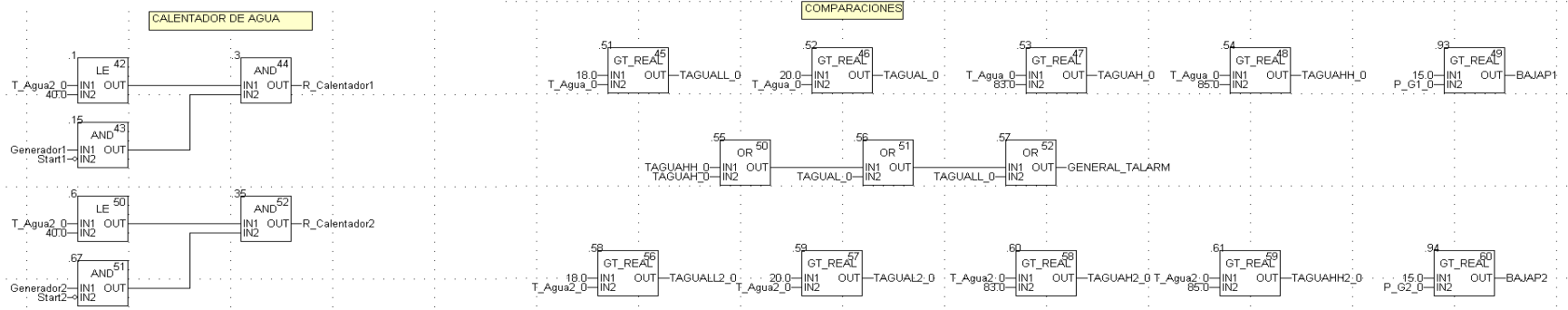
“Planos de conexión del sistema implementado”

ANEXO 6

“Programación del controlador M340 con el software UnityPro en lenguaje DFB (Diagrama en bloque de funciones)”

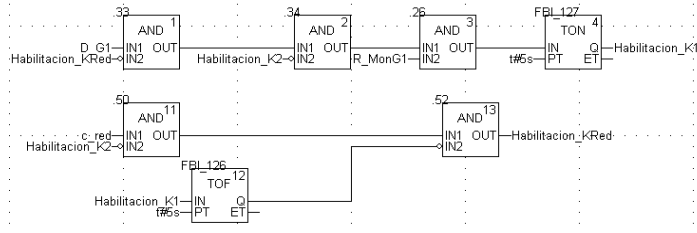
Sección Transferencia



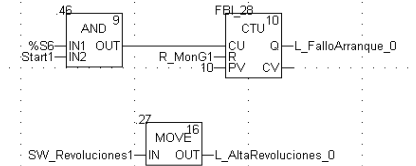
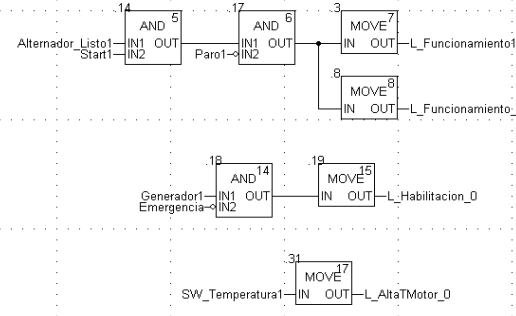


Sección Generador1

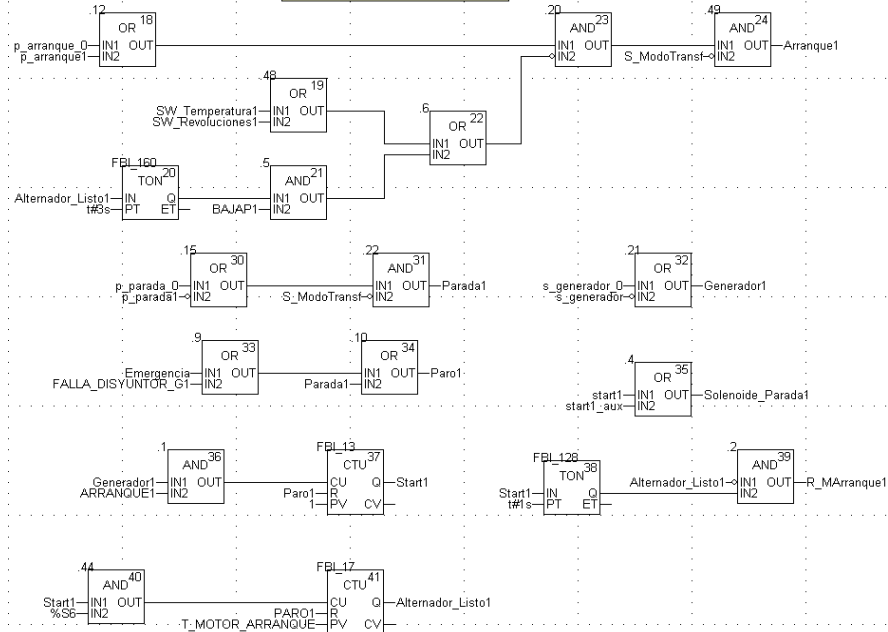
HABILITACION CONTACTORES



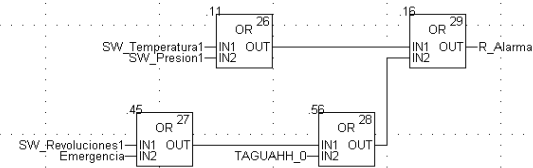
Alarmas Luminosas



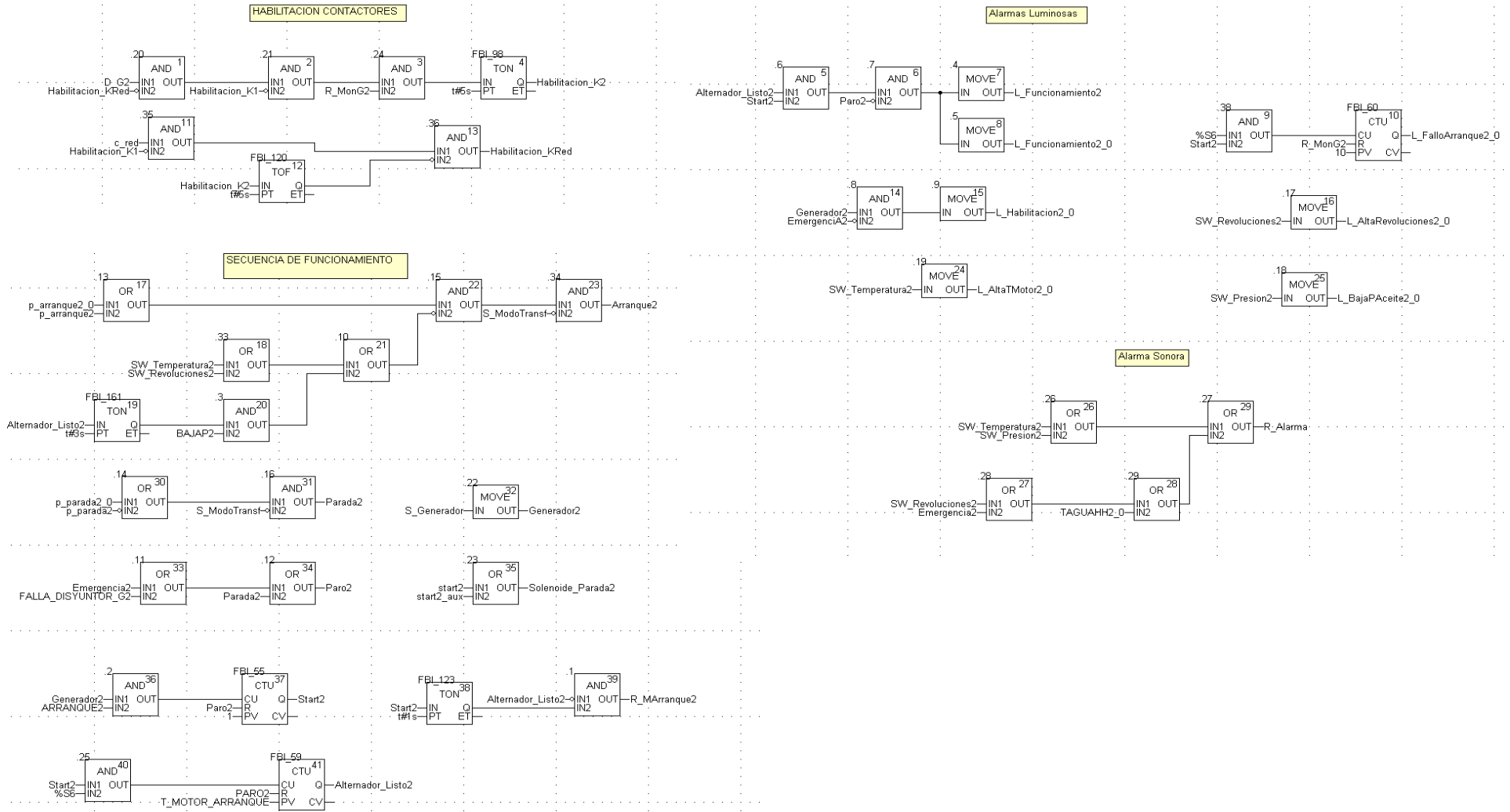
SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO



Alarma Sonora

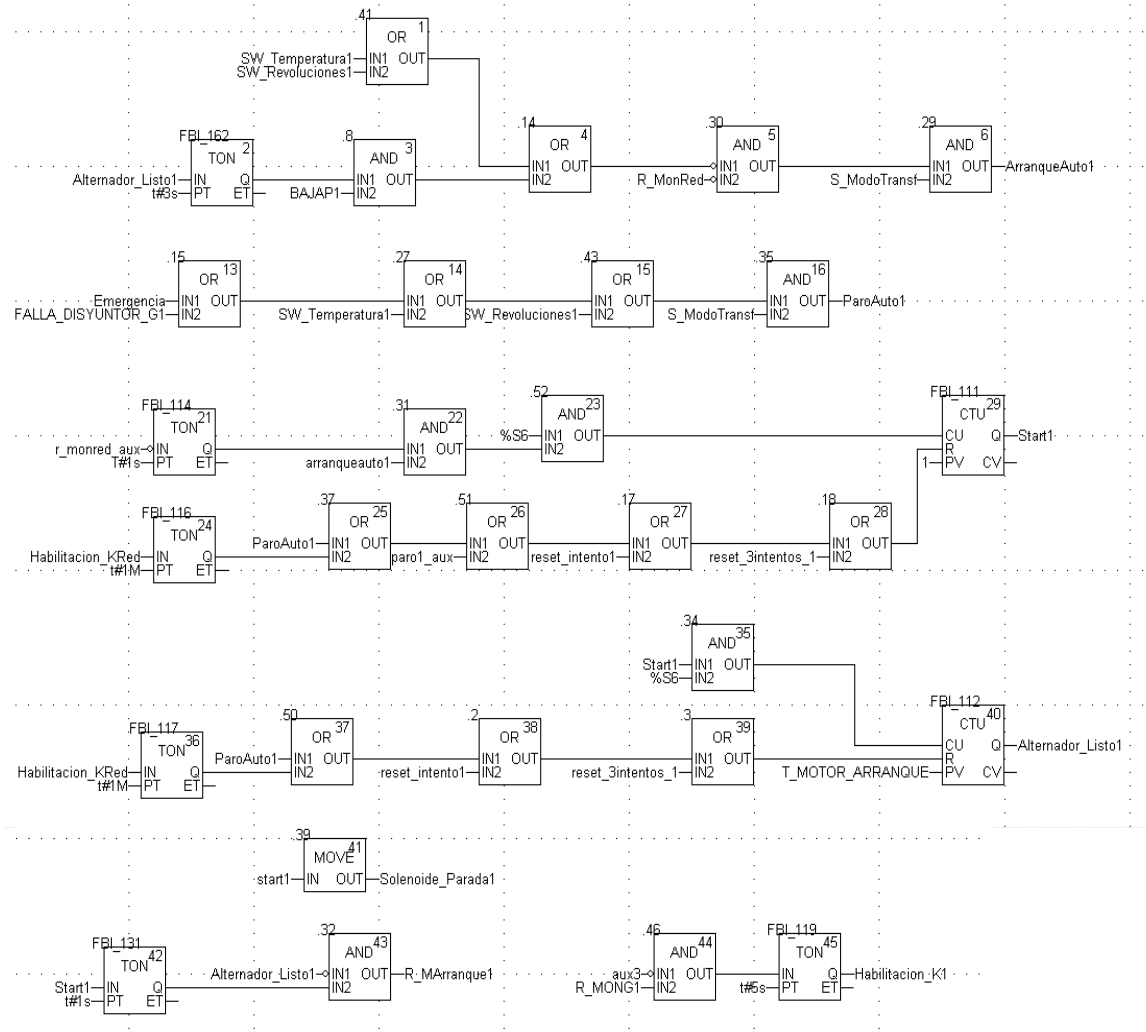


Sección Generador2

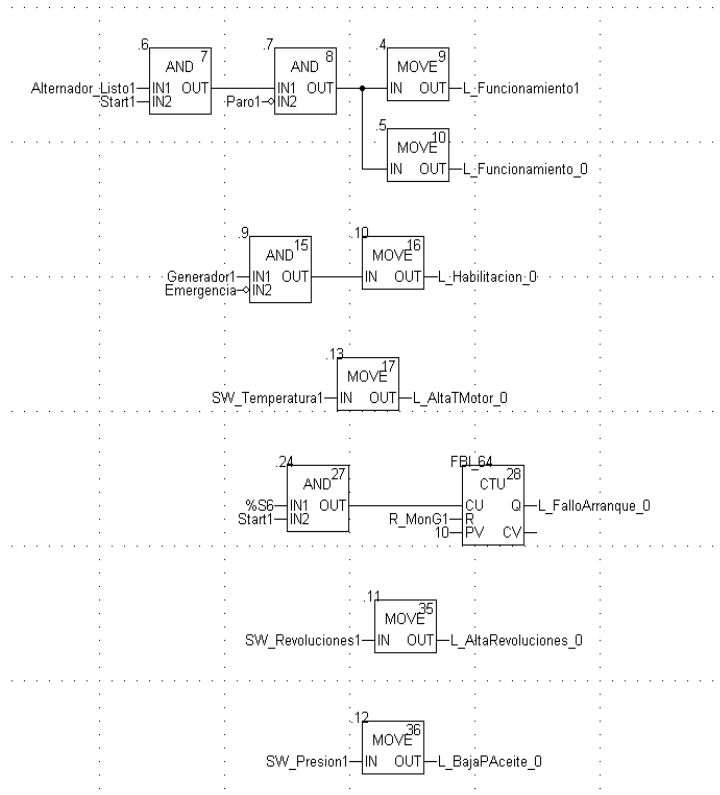


Sección AutomaticoGen1

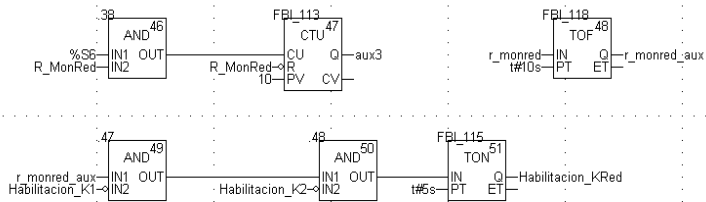
SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO



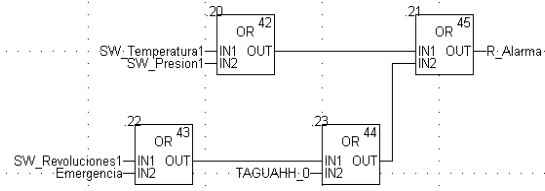
Alarmas Luminosas



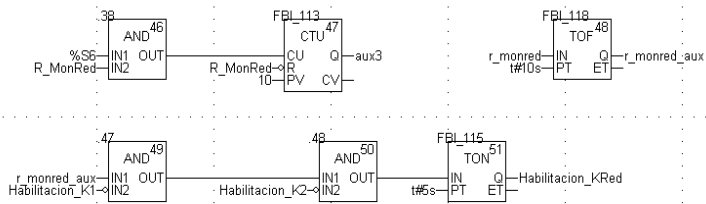
Analizador de red



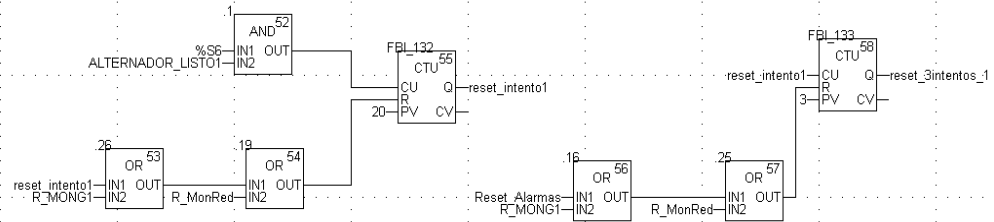
Alarma Sonora



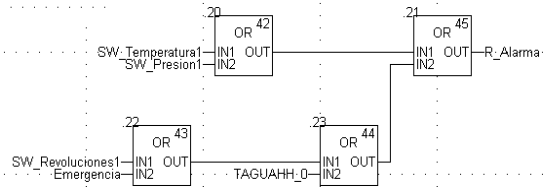
Analizador de red



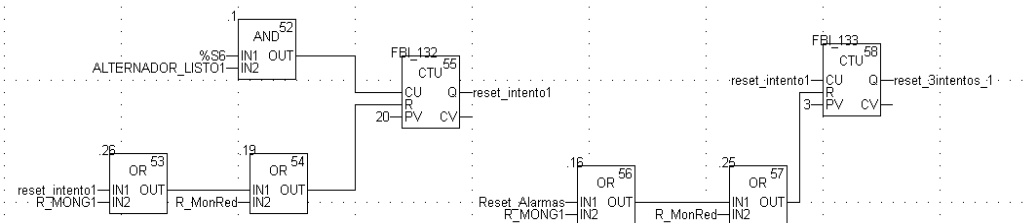
3 INTENTOS



Alarma Sonora

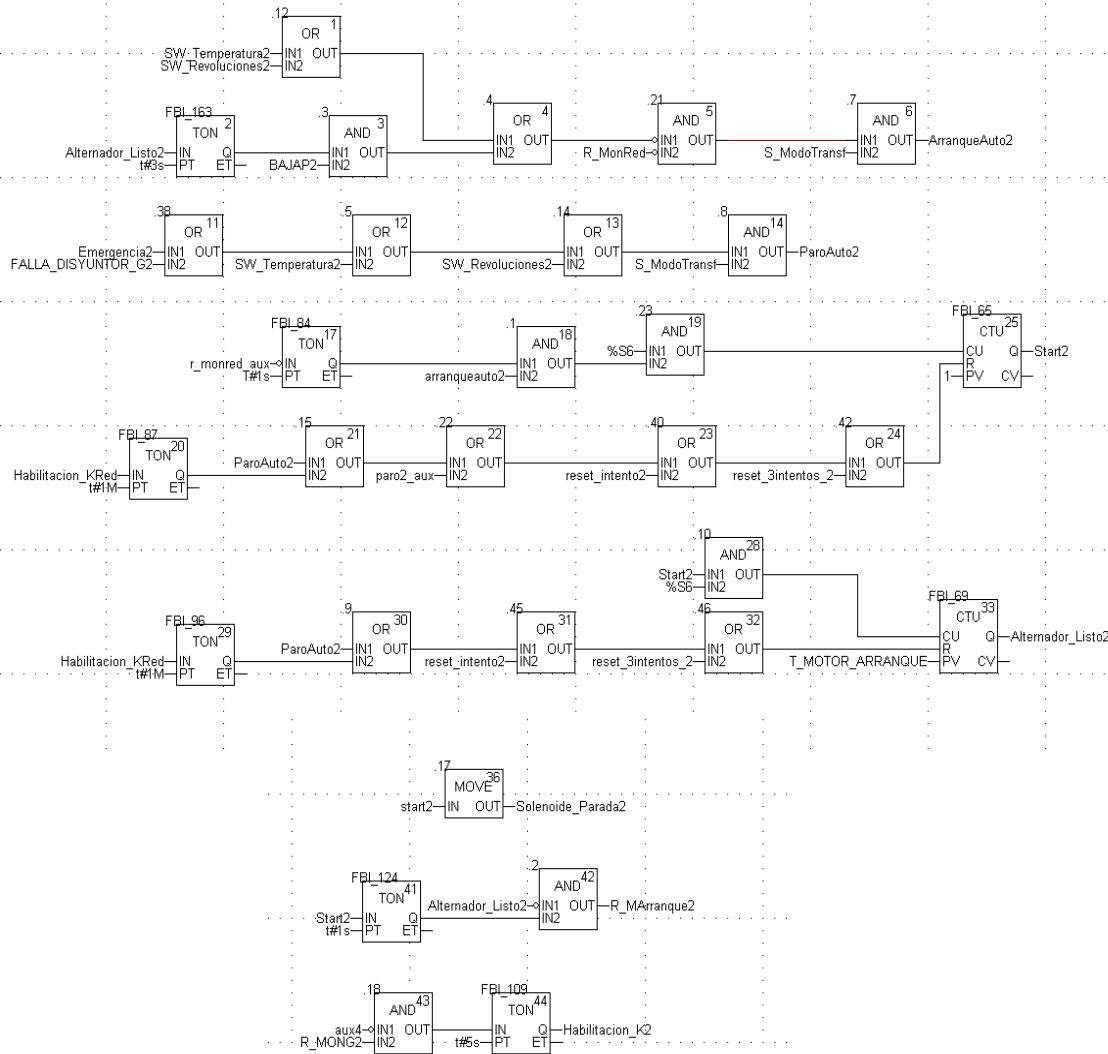


3 INTENTOS

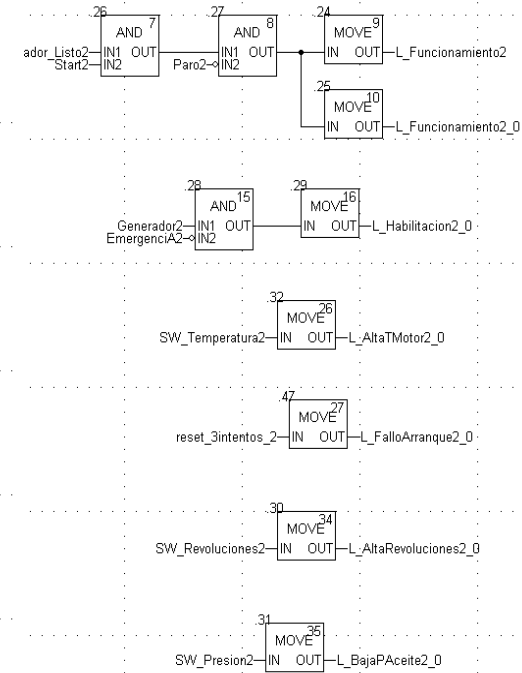


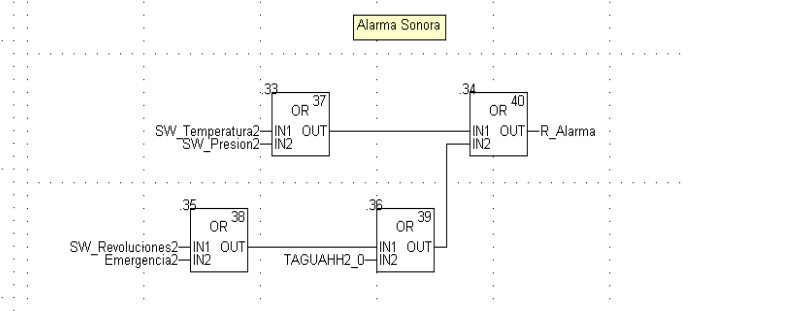
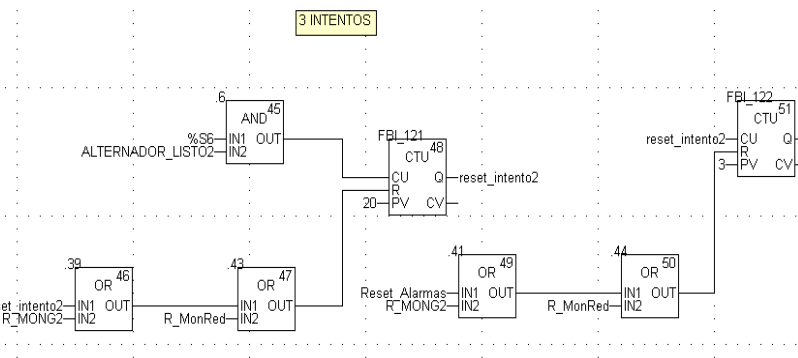
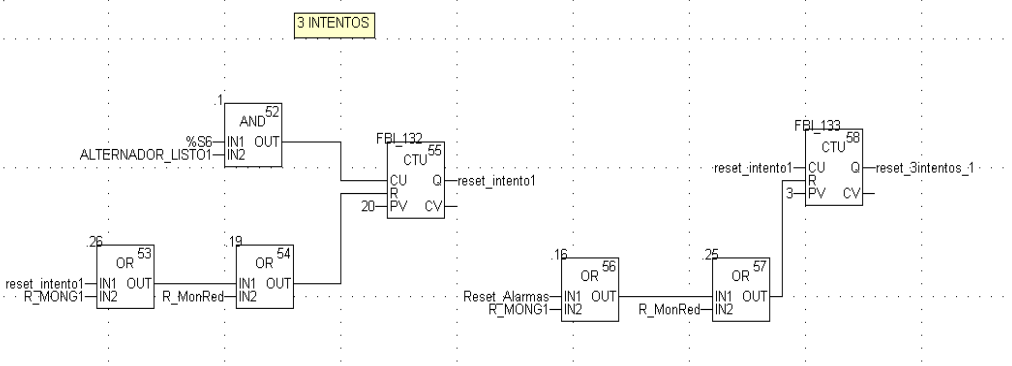
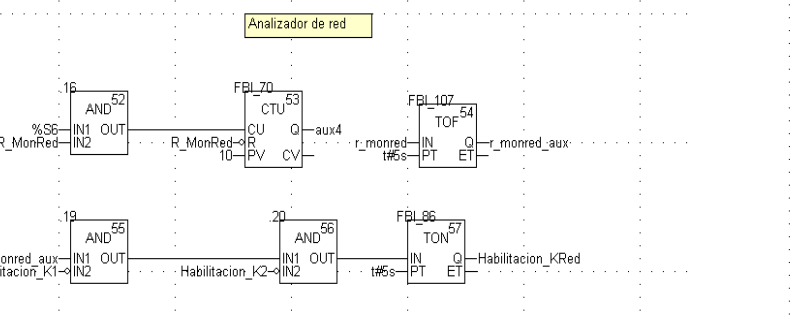
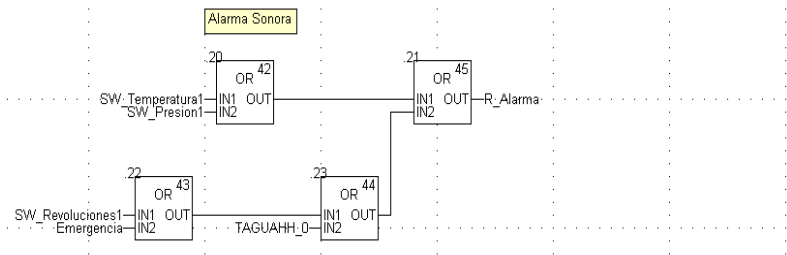
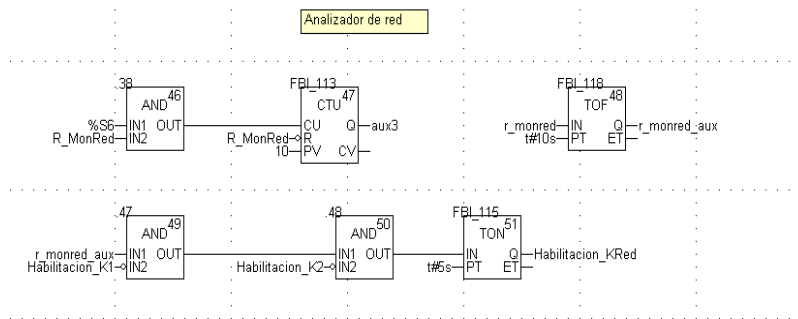
Sección AutomaticoGen2

SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO



Alarmas Luminosas



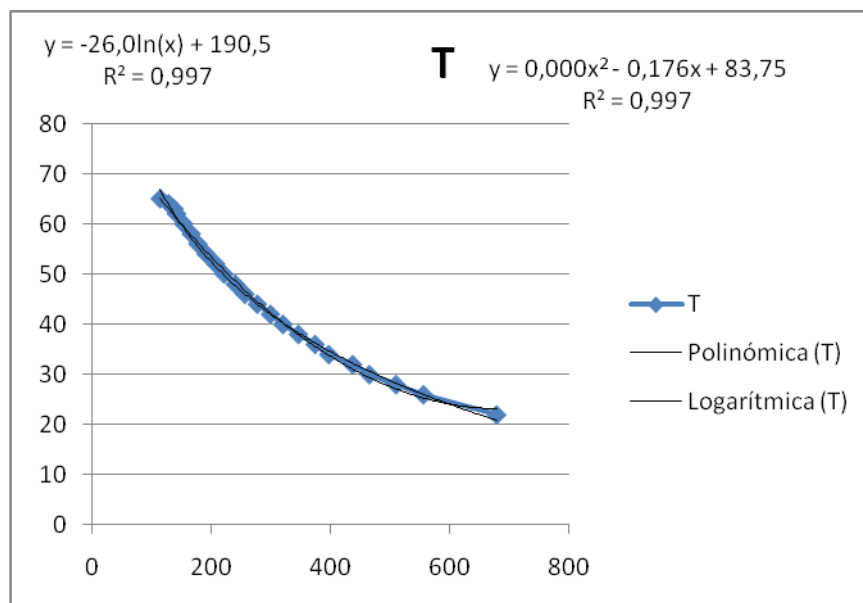


ANEXO 7

“Escalamiento de variables (Sensores Análogos)”

TERMOCUPLA DE ESCAPE (SERIE A/B)

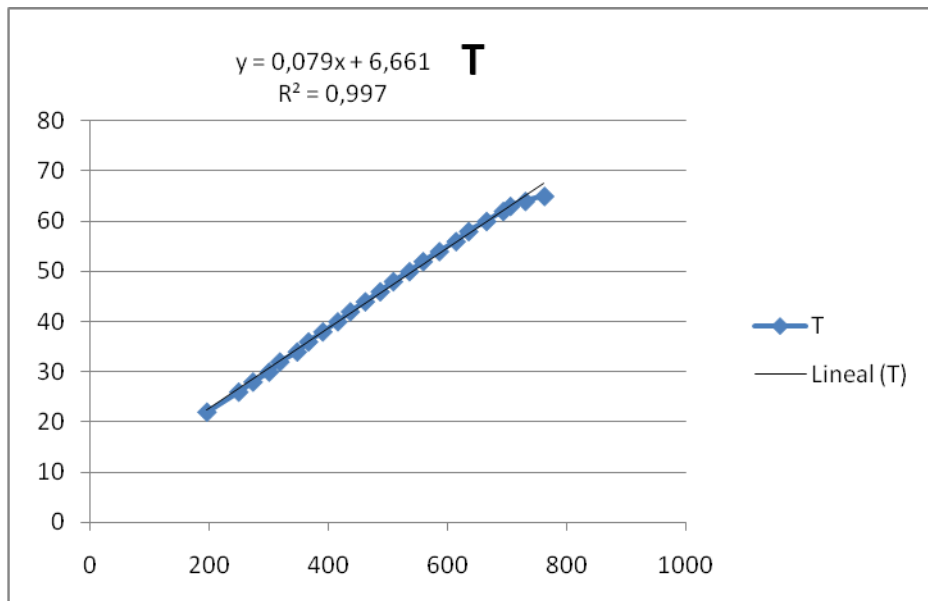
<i>Termocupla</i>	<i>T</i>
115	65
129	64
138	63
142	62
154	60
167	58
178	56
192	54
208	52
222	50
241	48
257	46
278	44
300	42
321	40
347	38
375	36
398	34
438	32
466	30
511	28
557	26
680	22
759	20



Gráfica.1 Ecuación de Escalamiento Termocupla

SENSOR DE TEMPERATURA DE MOTOR

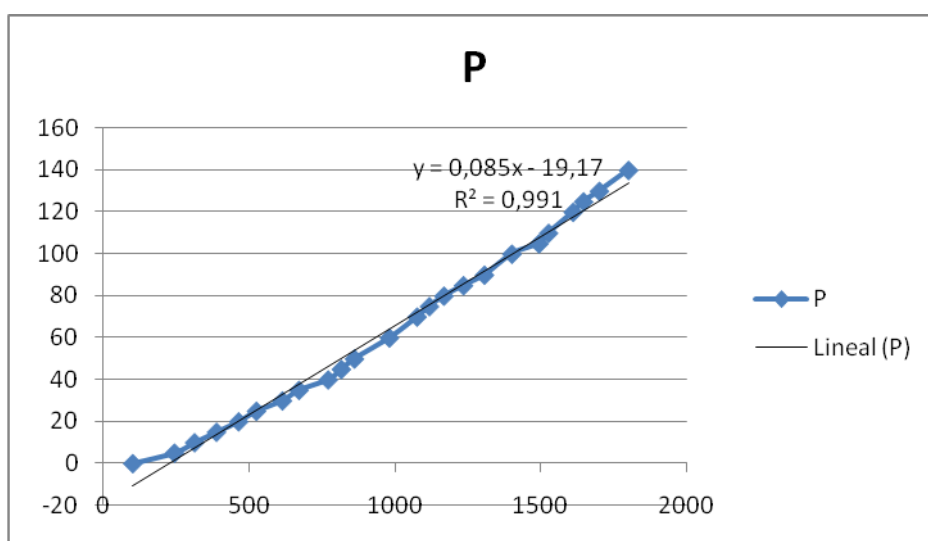
<i>Termistor</i>	<i>T</i>
762	65
730	64
705	63
693	62
665	60
635	58
614	56
586	54
559	52
536	50
509	48
487	46
462	44
437	42
416	40
391	38
367	36
348	34
319	32
301	30
274	28
250	26
197	22
172	20



Gráfica.2 Ecuación de Escalamiento Termistor

SENSOR DE PRESIÓN DE ACEITE

VDO	P
100	0
243	5
312	10
387	15
463	20
524	25
613	30
670	35
770	40
815	45
860	50
980	60
1075	70
1117	75
1167	80
1234	85
1306	90
1400	100
1493	105
1526	110
1610	120
1646	125
1700	130
1800	140



Gráfica V. 3 Ecuación de Escalamiento Sensor de Presión

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. II.1. Diferencias entre generador de c.c. y generador de c.a.	8
Figura. II.2. Disposición de elementos en un Alternador	12
Figura. II.3. Esquema de una central hidroeléctrica	16
Figura. II.4. Esquema de una central térmica	17
Figura. II.5. Esquema de una central nuclear	18
Figura. II.6. Esquema de una central eólica	19
Figura. II.7. Esquema de una central solar térmica	21
Figura. II.8. Esquema de una central fotovoltaica	21
Figura. II.9. Panel solar	22
Figura. II.10. Ciclo de procesamiento y transformación de la biomasa	24
Figura. II.11. Central eléctrica mareomotriz en el estuario del río Rance, Francia	25
Figura. II.12. Grupo electrógeno a Diesel	27
Figura. II.13. Esquema general de un AVR	35
Figura. II.14. Diagrama en bloques de un AVR	37
Figura. II.15. Modelo en Niveles de una Red Industrial	39
Figura. II.16. Topología de red en anillo	40
Figura. II.17. Topología de red en Estrella	41
Figura. II.18. Topología de red en Bus	41
Figura. II.19. Arquitectura de Bus de Campo	42
Figura. II.20. Esquema de Token Passing con maestro/esclavo subyacente	48
Figura. II.21. Formato de la trama Ethernet	52
Figura. II.22. Posicionamiento de los buses de campo en la estructura jerárquica de fábrica	53
Figura. II.23. Dilatación de una barra homogénea uniforme	55
Figura. II.24. Conjunto de dos barras metálicas con coeficientes de dilatación diferentes	56
Figura. II.25. Estructura de un Termómetro Bimetálico	56
Figura. III.1. Diagrama en bloques de la estructura de la Planta	67
Figura. III.2. Cuarto de máquinas	68
Figura. III.3. Ubicación de los generadores Estación OSAYACU	68

Figura. III.4. Vista lateral izquierda del generador	69
Figura. III.5. Vista lateral derecha del generador	69
Figura. III.6. Conjunto de control y monitoreo	70
Figura. III.7. Armario de transferencia automática de energía (exterior)	71
Figura. III.8. Armario de monitoreo de los generadores	72
Figura IV.1. Diagrama en bloques de la estructura del sistema de generación de Energía Eléctrica	75
Figura. IV.2. Conjunto de control y monitoreo	76
Figura. IV.3. Interior del conjunto de control y monitoreo	76
Figura. IV.4. Tablero principal	77
Figura. IV.5. Bloque de pulsadores y switch de selección de modo	78
Figura. IV.6. Bloque de alarmas luminosas	79
Figura. IV.7. Tarjetas inteligentes para alarmas luminosas	79
Figura. IV.8. Tablero de indicadores análogos	80
Figura. IV.9. Armario de monitoreo de los generadores (interior)	81
Figura. IV.10. Armario de transferencia automática de energía	83
Figura. IV.11. Regulador de tensión montado	84
Figura. VI.1. Disposición física de los módulos del controlador en el Backplane	99
Figura. VI.2. Configuración del puerto de comunicación Modbus del módulo BMXP342020	100
Figura. VI.3. Configuración del módulo BMXDDI1602 (1)	101
Figura. VI.4. Configuración del módulo BMXDDI1602 (2)	102
Figura. VI.5. Configuración del módulo BMXDDO1602	103
Figura. VI.6. Configuración del módulo BMXART0814	104
Figura. VI.7. Configuración de los parámetros de comunicación Modbus TCPIP del controlador	105
Figura. VI.8. Lista de variables del controlador (1)	106
Figura. VI.9. Lista de variables del controlador (2)	107
Figura. VI.10. Pantalla de Monitoreo de Generadores	112
Figura. VI.11. Lista de objetos utilizados en la Pantalla diseñada	¡Error! Marcador no definido.
Figura. VI.12. Script para activación/desactivación de etiquetas	113
Figura. VI.13. Variables importadas desde el controlador	115
Figura. VI.14. Pantalla general de monitoreo	116

Figura. VI.15. Pantalla de monitoreo independiente (Generador1 o Generador2)	117
Figura. VII.1. Tablero Kuhse original	118
Figura. VII.2. Tarjeta principal (encargada de la secuencia de arranque)	118
Figura. VII.3 Elementos del sistema anterior conservados en el diseño del nuevo tablero Kuhse	119
Figura. VII.4. Proceso de Implementación del tablero Kuhse (1)	120
Figura. VII.5. Proceso de Implementación del Tablero Kuhse (2)	120
Figura. VII.6. Tablero Kuhse implementado	121
Figura. VII.7. Proceso de Implementación del Tablero de Transferencia (1)	121
Figura. VII.8. Proceso de Implementación del Tablero de Transferencia (2)	122
Figura. VII.9. Proceso de Implementación del Tablero de Transferencia (3)	122
Figura. VII.10. Proceso de Implementación del Tablero de Transferencia (4)	123
Figura. VII.11. Tablero de Transferencia implementado	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. II.1. Sistemas de medición de temperatura más comunes con sus respectivos rangos de temperatura	54
Tabla. II.2. Materiales comunes para construcción de RTD's y sus características	60
Tabla. V.1. Calculo del amperaje total necesario del disyuntor en base a las cargas existentes en la estación	96
Tabla. VI.1. Condiciones de habilitación de secciones	108
Tabla. VIII.1. Registro de pruebas y resultados	126

GLOSARIO

aerogeneradores Rotor situado en lo alto de una torre

álabes Paletas curvas

biomasa Masa constituida por todos los compuestos orgánicos producidos por procesos naturales

embalse Depósito artificial donde se recogen las aguas de un río o arroyo

escobillas Contactos a presión

fisión Rotura o escisión del núcleo de un átomo con liberación de energía

fuerza electromotriz Trabajo que el generador realiza para pasar la unidad de carga positiva del polo negativo al positivo por el interior del generador

helióstatos Conjunto de la superficie reflectante y su dispositivo de orientación

multimaestro Paso de testimonio entre maestros, maestro-esclavo con los demás dispositivos

resistencia de aislamiento a tierra Resistencia óhmica que ofrece la carcasa de la máquina respecto a tierra

uranio enriquecido Isótopo de uranio, 235 y 238

IEC 1158-2 Permite la transmisión de datos y alimentación en el mismo cable

NC Normalmente cerrado

NO Normalmente abierto

DS Lado de accionamiento

N-DS Lado opuesto al accionamiento

FECHA DE ENTREGA:

Sangolquí, de 2010

Ing. Víctor Proaño
COORDINADOR DE CARRERA

Realizada Por:

Jonathan Álvarez S.

Carlos Nájera A.